

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



TESIS

**EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA Y GENOTIPO EN EL RENDIMIENTO
DE GRANO DE TRIGO HARINERO EN DOS LOCALIDADES**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

PRESENTA

ESTEFANÍA GONZÁLEZ MUÑOZ

GENERAL ESCOBEDO, N.L.

NOVIEMBRE 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



TESIS

**EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA Y GENOTIPO EN EL RENDIMIENTO
DE GRANO DE TRIGO HARINERO EN DOS LOCALIDADES**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

PRESENTA

ESTEFANÍA GONZÁLEZ MUÑOZ

GENERAL ESCOBEDO, N.L.

NOVIEMBRE 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



TESIS

**EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA Y GENOTIPO EN EL RENDIMIENTO
DE GRANO DE TRIGO HARINERO EN DOS LOCALIDADES**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

PRESENTA

ESTEFANÍA GONZÁLEZ MUÑOZ

GENERAL ESCOBEDO, N.L.

NOVIEMBRE 2020

ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL
COMITÉ PARTICULAR COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COMITÉ PARTICULAR

Dr. José Elías Treviño Ramírez
Asesor principal

M.C. Jesús Andrés Pedroza Flores
Co-Asesor

Dr. Juan Francisco Pissani Zuñiga
Co-Asesor

M.C. Juan Martínez Medina
Asesor externo

Dr. Juan Antonio Vidales Contreras
Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación

DEDICATORIA

A DIOS

Por ser verdad y luz infinita por encima de toda forma y más allá de toda ciencia; por ser únicamente Él, quien tiene la última palabra sobre toda opinión o pensamiento propio o ajeno; por dotarme de seguridad y valentía y poner en mis manos el privilegio de superación para llegar hasta esta meta en mi camino y por enseñarme que solo somos contempladores y administradores temporales de todas las maravillas de su creación, entregándonos el gran compromiso de aprovecharlas y respetarlas para el bien de nuestra sociedad.

A MIS PADRES

Quienes me inculcaron el valor del estudio y confiaron en mí, apoyándome en todo momento a continuar con mi preparación profesional. Les estaré eternamente agradecida.

A MIS ABUELOS (†)

Mario González Escamilla, María Candelaria Macías Vargas, Pedro Muñoz Meléndez y María Luna Peña.

Los llevo en el corazón.

A RAQUEL MUÑOZ LUNA (†)

Hasta el cielo.

Todo tiene su tiempo, y todo lo que se quiere debajo del cielo tiene su hora (Eclesiastés 3:1)

AGRADECIMIENTOS

A los profesores que me impartieron clases y a los asesores que conformaron mi comité de tesis: Dr. José E. Treviño Ramírez, M.C. Jesús A. Pedroza Flores, Dr. Juan F. Pissani Zuñiga y M.C. Juan Martínez Medina, los cuales me brindaron su tiempo y conocimiento para la realización de este trabajo. Gracias por compartir su experiencia y realizar la labor de enseñanza con responsabilidad y vocación.

A todo el personal académico y administrativo de la Facultad de Agronomía UANL, especialmente a la Subdirección de Posgrado e Investigación y al personal responsable de las labores de campo en el Campus Marín y La Ascensión: Javier Sánchez Marín e Ing. Efrén Montaña Acosta, quienes tuvieron un papel fundamental para el mantenimiento del cultivo y la toma de datos, sin ellos no hubiera sido posible nada de esto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el recurso otorgado durante mis dos años de estudio.

A mis amigos Natiely y Sergio por su gran apoyo y los gratos momentos vividos en aulas, jamás olvidaremos esta gran experiencia. A mi amiga Karla, gracias por alentarme y convencerme de que puedo lograr lo que me proponga. Seguiremos de cerca en este maravilloso viaje llamado VIDA.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
INDICE DE CONTENIDO.....	vii
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE CUADROS EN APÉNDICE.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Hipótesis.....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Importancia del cultivo.....	5
2.1.1 Producción mundial.....	5
2.1.2 Producción en México.....	6
2.1.3 Producción en Nuevo León.....	8
2.2 Origen geográfico.....	9
2.3 Clasificación taxonómica.....	11
2.4 Descripción botánica y fisiología.....	11
2.4.1 Morfología y anatomía.....	11
2.4.2 Taxonomía botánica.....	18
2.5 Exigencias edafoclimáticas.....	20
2.5.1 Hábito de crecimiento y adaptación.....	20
2.5.2 Exigencias climáticas.....	22
2.5.3 Exigencias edáficas.....	24
2.6 Productividad y uso del agua.....	25
2.6.1 Respuesta al estrés hídrico.....	26
2.7 Plagas y enfermedades.....	27
2.7.1 Pulgón amarillo de los cereales (<i>Metopolophium dirhodum</i>)	28
2.7.2 Roya de la hoja (roya café) (<i>Puccinia recondita</i>)	28
2.7.2 Roya lineal amarilla (<i>Puccinia striiformis</i>)	29
2.8 Densidad de siembra.....	30
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1 Material genético.....	32
3.2 Densidades de siembra.....	33
3.3 Descripción de tratamientos.....	34
3.3.1 Croquis de experimento en campo: Localidad 1.....	35
3.3.2 Croquis de experimento en campo: Localidad 2.....	36
3.4 Análisis de agua de riego.....	36
3.4.1 Localidad 1: Aramberri, N.L.	37
3.4.2 Localidad 2: Marín, N.L.....	38
3.5 Análisis de suelo.....	38

3.5.1 Localidad 1: Aramberri, N.L.....	41
3.5.2 Localidad 2: Marín, N.L.	41
3.6 Etapa 1 (Localidad 1)	42
3.6.1 Descripción del sitio de estudio.....	42
3.6.2 Fecha de siembra/cosecha y labores agrícolas.....	42
3.7 Etapa 2 (Localidad 2)	43
3.7.1 Descripción del sitio de estudio.....	43
3.7.2 Fecha de siembra/cosecha y labores agrícolas.....	43
3.8 Variables agronómicas	44
3.8.1 Incidencia de roya.....	45
3.8.2 Días a floración.....	45
3.8.3 Días a madurez fisiológica.....	45
3.8.4 Altura de planta (cm)	46
3.8.5 Longitud de espiga (cm)	46
3.8.6 Número de macollos por planta.....	47
3.8.7 Número de tallos por parcela.....	47
3.8.8 Número de espiguillas por espiga.....	47
3.8.9 Número de granos por espiga.....	47
3.8.10 Peso de mil granos (gr)	48
3.8.11 Rendimiento de forraje seco por hectárea (kg ha ⁻¹)	49
3.8.12 Rendimiento de grano por hectárea (kg ha ⁻¹)	49
3.9 Análisis estadístico	49
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1 Incidencia de roya.....	50
4.2 Días a floración.....	50
4.3 Días a madurez fisiológica.....	52
4.4 Altura de planta (cm)	54
4.5 Longitud de espiga (cm)	56
4.6 Número de macollos por planta.....	58
4.7 Número de tallos por parcela.....	58
4.8 Número de espiguillas por espiga.....	59
4.9 Número de granos por espiga.....	59
4.10 Peso de mil granos (gr)	60
4.11 Rendimiento de forraje seco por hectárea (kg ha ⁻¹)	60
4.12 Rendimiento de grano por hectárea (kg ha ⁻¹)	61
5. CONCLUSIONES	63
6. RECOMENDACIONES	65
7. BIBLIOGRAFÍA	66
8. APÉNDICE	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Resumen de la producción mundial de trigo.....	6
2	Principales entidades productoras de trigo en México.....	7
3	Cierre Agrícola: Ciclo Otoño-Invierno 2019; Modalidad: Riego + Temporal; Estado: Nuevo León; Cultivo: Trigo grano.....	8
4	Características diferenciadoras entre trigos duros y blandos.....	15
5	Clasificación de trigos por hábito de crecimiento.....	20
6	Duración de las fases fenológicas del trigo en días desde la siembra (S) en las zonas productoras de trigo a nivel mundial.....	21
7	Tolerancia del trigo a la salinidad: disminuciones del rendimiento por efecto de la salinidad en suelo (CE _s) y en agua de riego (CE _{ar}).....	25
8	Variedades de trigo panificable sembradas y evaluadas durante el presente estudio (2019-2020).....	32
9	Tratamientos derivados de la combinación de tres variedades y tres densidades de siembra.....	34
10	Resultados de análisis de agua (Localidad 1).....	37
11	Resultados de análisis de agua (Localidad 2).....	38
12	Resultados de análisis de suelo (Localidad 1).....	41
13	Resultados de análisis de suelo (Localidad 2).....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Variación del volumen de la producción de trigo en México (2009-2018).....	6
2	Disponibilidad (%) de la producción mensual nacional.....	7
3	Centros de origen de diversos cultivos.....	10
4	Morfología de una planta de trigo.....	15
5	Estructura de un grano de trigo.....	17
6	Evolución de especies del género <i>Triticum</i>	19
7	Escala de desarrollo del trigo adaptada de Feekes.....	23
8	Croquis de experimento: Localidad 1. Aramberri, N.L. Junio-Octubre 2019.....	35
9	Croquis de experimento: Localidad 2. Marín, N.L. Diciembre 2019-Mayo 2020.....	36
10	Reactivos e instrumentos utilizados durante el análisis de agua.....	37
11	Procedimiento correcto para formar una muestra de suelo en zigzag. Rodríguez <i>et al.</i> (2002).....	39
12	Manejo de la muestra en laboratorio (extendido y secado).....	39
13	Material utilizado para moler la muestra de suelo.....	40
14	Tamiz de cuadros de 2.0 mm.....	40
15	Siembra en Localidad 1. 28 junio 2019.....	42
16	Unidades experimentales en Localidad 1. 31 agosto 2019.....	42
17	Siembra en Localidad 2. 20 diciembre 2019.....	43

18	Unidades experimentales en Localidad 2. 24 marzo 2020.....	43
19	Ejemplo de bolsa en donde se introdujo el material cosechado de ambas localidades.....	44
20	Medición de altura de planta.....	46
21	Ejemplo de medición de longitud de espiga.....	46
22	Ejemplo de conteo de número de tallos por parcela.....	47
23	Trilladora experimental y toma de datos de número de granos por espiga.....	48
24	Ejemplo de toma de datos de peso de mil granos.....	48
25	Variedad Conatrigo F2015 con incidencia de roya lineal.....	50
26	Días a floración. Localidad 1. Efecto simple de variedad.....	51
27	Días a floración. Localidad 2. Efecto simple de variedad.....	52
28	Días a madurez fisiológica. Localidad 1. Efecto simple de variedad.....	53
29	Días a madurez fisiológica. Localidad 2. Efecto simple de variedad.....	53
30	Altura de planta (cm). Localidad 1. Efecto simple de variedad.....	54
31	Altura de planta (cm). Localidad 2. Efecto simple de variedad.....	55
32	Alturas de planta en Localidad 2.....	55
33	Comparación de altura de planta de variedad Floreña NL M2012 vs. variedad Monarca F2007 (testigo regional). Localidad 1.....	56

34	Longitudes de espiga de las tres variedades bajo estudio en dos ambientes (L1 y L2, respectivamente).....	57
35	Longitud de espiga (cm). Localidad 1. Efecto simple de variedad	57
36	Longitud de espiga (cm). Localidad 2. Efecto simple de variedad	58
37	Tendencia del rendimiento de forraje seco por hectárea (kg ha ⁻¹). Efecto simple: Densidad. Localidad 1.....	61
38	Valores máximos y mínimos de rendimiento de grano por hectárea (kg ha ⁻¹). Localidad 1.....	62

ÍNDICE DE CUADROS EN APÉNDICE

Cuadro	Título	Página
1A	Resumen de resultados de variables agronómicas considerando ambos factores de estudio (A= variedad; B= densidad) en dos localidades.....	74
2A	Análisis de varianza: Días a floración (Localidad 1).....	75
3A	Análisis de varianza: Días a floración (Localidad 2).....	75
4A	Análisis de varianza: Días a madurez fisiológica (Localidad 1).....	76
5A	Análisis de varianza: Días a madurez fisiológica (Localidad 2).....	76
6A	Análisis de varianza: Altura de planta (Localidad 1).....	77
7A	Análisis de varianza: Altura de planta (Localidad 2).....	77
8A	Análisis de varianza: Longitud de espiga (Localidad 1).....	78
9A	Análisis de varianza: Longitud de espiga (Localidad 2).....	78
10A	Análisis de varianza: Número de macollos por planta (Localidad 1)...	79
11A	Análisis de varianza: Número de macollos por planta (Localidad 2)...	79
12A	Análisis de varianza: Número de tallos por m ² (Localidad 1).....	80
13A	Análisis de varianza: Número de tallos por m ² (Localidad 2).....	80
14A	Análisis de varianza: Número de espiguillas por espiga (Localidad 1).	81
15A	Análisis de varianza: Número de espiguillas por espiga (Localidad 2).	81
16A	Análisis de varianza: Número de granos por espiga (Localidad 1).....	82
17A	Análisis de varianza: Número de granos por espiga (Localidad 2).....	82
18A	Análisis de varianza: Peso de mil granos (Localidad 1).....	83
19A	Análisis de varianza: Peso de mil granos (Localidad 2).....	83
20A	Análisis de varianza: Rendimiento de forraje seco por hectárea (Localidad 1).....	84
21A	Análisis de varianza: Rendimiento de forraje seco por hectárea (Localidad 2).....	84
22A	Análisis de varianza: Rendimiento de grano por hectárea (Localidad 1).....	85

23A	Análisis de varianza: Rendimiento de grano por hectárea (Localidad 2).....	85
-----	--	----

RESUMEN

El trigo es un alimento milenario. A lo largo de la historia se ha considerado como el cereal más importante para la alimentación humana. Es tanta su relevancia, que la disponibilidad es un signo que refleja estabilidad en las condiciones económicas y políticas de los países. Considerando la importancia del cultivo y para beneficio de los productores, aún se requiere realizar acciones de investigación, evaluación, actualización y transferencia tecnológica, las cuales se transformen en elementos de utilidad directa en las unidades de producción. En el presente trabajo se evaluó el efecto de la densidad de siembra y genotipo, factores que tienen relación directa en el rendimiento de grano y variables agronómicas, en tres variedades de trigo harinero: San Isidro NL M2012, Floreña NL M2012 y Conatrigo F2015, recomendadas para siembra en el Noreste de México. El estudio se llevó a cabo durante los meses de junio a octubre del 2019 en la Facultad de Agronomía UANL, Campus La Ascensión en Aramberri, N.L y de diciembre de 2019 a mayo de 2020 en el Campus Experimental de Marín, N.L. Las densidades de siembra utilizadas fueron: 80, 120 y 160 kg de semilla ha⁻¹. Las variables evaluadas fueron: incidencia de roya, días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta, longitud de espiga, número de macollos o tallos secundarios por planta, número de tallos por parcela, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga, peso de mil granos, rendimiento de forraje seco por hectárea y rendimiento de grano por hectárea.

En ambas localidades, se encontró significancia estadística para factores simples (A: variedad y B: densidad), pero no para las interacciones (AxB).

En la Localidad 1 (Aramberri, N.L), se encontró significancia estadística para el efecto simple de variedad (A) en las siguientes variables: Días a floración, Días a madurez fisiológica y longitud de espiga. Para el efecto simple de densidad (B) se encontró significancia estadística en las variables de: número de granos por espiga y rendimiento de grano por hectárea.

En la Localidad 2 (Marín, N.L.) se encontró significancia estadística para el efecto simple de variedad (A) en las variables de: días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta, número de espiguillas por espiga y número de granos por espiga. Para el efecto simple de densidad (B) se encontró significancia estadística únicamente para la variable: número de tallos por metro cuadrado.

La localidad más sobresaliente en rendimiento de grano por hectárea fue la Ascensión, Aramberri, N.L. y la variedad más sobresaliente en rendimiento de grano por hectárea fue San Isidro NL M2012.

ABSTRACT

Wheat is a millennial food. Throughout history it has been considered the most important cereal for human consumption. Its relevance is such that availability is a sign that reflects stability in the economic and political conditions of the countries. Considering the importance of the crop and for the benefit of the producers, it is still necessary to carry out research, evaluation, update and technological transfer actions, which become elements of direct utility in the production units.

In the present work, the effect of seeding rate and genotype, factors that have a direct relationship in grain yield and agronomic variables, was evaluated in three breadmaking varieties of wheat: San Isidro NL M2012, Floreña NL M2012 and Conatrigo F2015, recommended for sowing in the Northeast of Mexico. The study was carried out during the months of June to October 2019 at the Faculty of Agronomy UANL, Campus La Ascensión in Aramberri, N.L. and from December 2019 to May 2020 at the Experimental Campus of Marín, N.L. The seeding rates used were: 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ of seed. The variables evaluated were: rust incidence, days to flowering, days to physiological maturity, plant height, spike length, number of tillers or secondary stems per plant, number of stems per plot, number of spikelets per spike, number of grains per spike, thousand grain weight, dry forage yield per hectare and grain yield per hectare.

In both locations, statistical significance was found for simple factors (A: variety and B: density), but not for the interactions (AxB).

In Locality 1 (Aramberri, N.L), statistical significance was found for the simple effect of variety (A) in the following variables: Days to flowering, Days to physiological maturity and spike length. For the simple effect of density (B), statistical significance was found in the variables of: number of grains per spike and grain yield per hectare.

In Locality 2 (Marín, NL) statistical significance was found for the simple effect of variety (A) in the variables of: days to flowering, days to physiological maturity, plant height, number of spikelets per spike and number of grains per spike. For the simple effect of density (B), statistical significance was found only for the variable: number of stems per square meter.

The most outstanding locality in grain yield per hectare was La Ascensión, Aramberri, N.L. and the most outstanding variety in grain yield per hectare was San Isidro NL M2012.

1.INTRODUCCIÓN

Actualmente el trigo es uno de los cultivos más difundidos en el mundo y junto con el maíz y arroz cubren prácticamente el 50% de la superficie cosechada mundial (Divito y García, 2017). Anualmente se produce en todo el mundo más trigo que cualquier otro cereal; sólo el arroz compite cercanamente en cantidad producida cada año (Argente *et al.*, 2006). Su amplia difusión obedece a diversas características ecológicas propias del cultivo y a las particularidades del grano que lo hicieron máspreciado que el de otras especies vegetales. Las principales características ecológicas son: a) buena adaptación a la mayor parte de los suelos agrícolas del mundo y b) el crecimiento del cultivo tiene un rango amplio de temperatura óptima, permitiendo un desarrollo adecuado en una extensa gama de ambientes (Divito y García, 2017).

Debido a la necesidad de actualización de la información productiva de las diferentes variedades disponibles en el estado de Nuevo León, resulta importante considerar en el manejo agronómico la optimización del número de plantas por unidad de área y su relación con la cantidad de semilla necesaria para establecer una hectárea, entendiendo que una densidad óptima de siembra es un factor que influye directamente en las características agronómicas, rendimiento y calidad de grano de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.). Park *et al.* (2003) mencionaron que las densidades tanto altas como bajas causan diferencias en el rendimiento de diferentes maneras. Estudios previos reportaron que se puede lograr un alto rendimiento en un ambiente particular al ajustar la densidad de siembra, lo anterior se demostró en el cultivo de cebada y trigo panificable (Faris y DePauw, 1980; Van Den Boogaard *et al.*, 1996).

La optimización de la densidad de siembra se considera uno de los principales factores que determinan la capacidad del cultivo para capturar recursos (Lloveras *et al.*, 2004) y generar competencia entre plantas, así como la posterior conversión de energía solar en productos cosechables (Kabesh *et al.*, 2009). Debido a que se encuentra bajo el control del agricultor se convierte en un aspecto importante en la toma de decisiones, sobre todo en la reducción de costos de producción.

En este sentido, como las densidades óptimas de siembra varían en gran medida entre áreas, condiciones climáticas, suelo, fecha de siembra y las variedades difieren genéticamente para los componentes de rendimiento, éstas deben evaluarse en diversos rangos de densidades de siembra y ambientes y así determinar el manejo agronómico más adecuado para una región específica (Wiersma, 2002).

1.1 Hipótesis

1.1.1 Hipótesis general

El rendimiento de grano y variables agronómicas relacionadas con el ciclo de vida, morfología y fitosanidad en el cultivo de trigo dependen directamente de la densidad de siembra, el genotipo y el ambiente.

1.1.2 Hipótesis específicas

- Existe diferencia en el comportamiento agronómico entre variedades de trigo sembradas en dos fechas de siembra y ambientes distintos sin considerar el efecto de densidades de siembra.
- Existe diferencia en el comportamiento agronómico entre distintos rangos de densidades de siembra en el cultivo de trigo, sin considerar los efectos de variedades.
- Existe diferencia en el comportamiento agronómico entre distintos rangos de densidades de siembra en el cultivo de trigo, sin considerar los efectos de fecha de siembra y ambiente.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la densidad de siembra, el genotipo y el ambiente en variables relacionadas con el rendimiento de grano y otras variables agronómicas de tres variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.).

1.2.2 Objetivos específicos

- Encontrar la densidad óptima de siembra para las variedades bajo estudio, en base a su rendimiento y variables agronómicas relacionadas con el ciclo de vida, morfología y fitosanidad en el cultivo, considerando dos localidades de prueba.
- Determinar cuál de las variedades evaluadas es superior en rendimiento, en las dos localidades de estudio.
- Generar información de utilidad directa para los productores de trigo del estado de Nuevo León, respaldada con los resultados del presente estudio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo

Se considera un cultivo muy antiguo, pues la evidencia sugiere que el trigo se domesticó hacia el 8,000 – 10,000 a.C. (Johnson y Mattern, 1987) y desde entonces, el éxito de su cultivo se extendió en todas las direcciones desde el Medio Oriente al resto del mundo (Carrera y Mateo, 2005). A lo largo de la historia, el trigo ha llegado a ser catalogado como el cereal más importante para la alimentación humana. Es tanta su relevancia que los países con un adecuado suministro de trigo han sido considerados durante siglos bien nutridos (Carrera y Mateo, 2005). El comercio mundial se ha centrado prácticamente en este cereal y, por tanto, la disponibilidad de trigo es un signo que refleja una situación alimentaria favorable de millones de personas en el mundo y al mismo tiempo, indica estabilidad en las condiciones económicas y políticas.

2.1.1 Producción mundial

Los países que lideran en producción de trigo son: China, India, Rusia, Estados Unidos, Canadá, Australia, Pakistán, Ucrania y Turquía; destacando los trigales de China, en donde se cosecha el 17.4% (aproximadamente 125 millones de toneladas) del volumen total mundial de este importante grano (SIAP, 2018). Los pronósticos de la FAO sobre la producción mundial de trigo en 2020 se han estimado al alza, con un aumento de casi 5.0 millones de toneladas (un 0.6 %), ubicándose en un nivel récord de alrededor de 765 millones de toneladas (Cuadro 1) (FAO, 2020).

Cuadro 1. Resumen de la producción mundial de trigo. Extraído de: Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales (FAO, 2020).

Producción mundial de trigo				
2016/17	2017/18	2018/19	2019/20 estimación	2020/2021 pronóstico (al 8 de oct. 2020)
(millones de toneladas)				
763.5	761.6	732.4	761.6	764.9

2.1.2 Producción en México

En el año agrícola 2017, México estuvo posicionado en el vigésimo noveno lugar, con una producción de 3 millones 504 mil toneladas (SIAP, 2019), de las cuales, 1,424,187 representaron el volumen de trigo panificable (SADER, 2019). En el año 2018 se presenta un descenso en la producción nacional, alcanzando un volumen de 2 millones 943 mil 445 toneladas; una menor superficie de siembra en 17 entidades influyó en tal comportamiento (Figura 1).

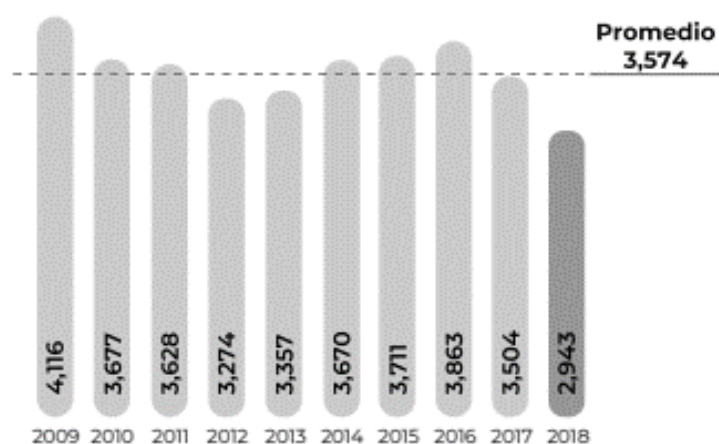


Figura 1. Variación del volumen de la producción de trigo en México (2009-2018) (miles de toneladas). Panorama Agroalimentario 2019 (SIAP, 2019).

Destacan zonas de alto volumen de producción como: Baja California, Guanajuato, Sinaloa, Michoacán y Sonora, en donde se encuentran los trigales mas extensos, permitiendo ofertar la cosecha más significativa del país (Cuadro 2).

Cuadro 2. Principales entidades productoras de trigo en México. Panorama Agroalimentario 2019 (SIAP, 2019).

	Entidad federativa	Región	Volumen (toneladas)	Variación (%) 2017-2018
	Total nacional		2,943,445	-16.0
1	Sonora	Noroeste	1,449,714	-19
2	Guanajuato	Centro-Occidente	370,325	4.3
3	Baja California	Noroeste	283,137	-28.6
4	Sinaloa	Noroeste	241,522	-11.8
5	Michoacán	Centro-Occidente	229,033	0.5
6	Jalisco	Centro-Occidente	139,022	-3.6
7	Tlaxcala	Centro	53,821	6.7
8	Chihuahua	Noreste	41,340	-56.5
9	Nuevo León	Noreste	40,856	-23.0
10	Coahuila	Noreste	18,830	-31.1
	Resto		75,844	-16.6

La mayor parte de la trilla se realiza entre abril y junio, principalmente de las siembras del ciclo otoño-invierno, existiendo mayor disponibilidad del grano en los meses de mayo y junio (Figura 2) (SIAP, 2019).

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
0.8	0.1	0.0	8.9	62.4	19.6
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4.1	0.2	0.2	0.9	1.5	1.3

Figura 2. Disponibilidad (%) de la producción mensual nacional. Atlas

Agroalimentario 2019 (SIAP, 2019).

2.1.3 Producción en Nuevo León

A nivel nacional, Nuevo León se encontraba en el año 2017 en el octavo lugar con un registro de volumen de producción de 53,079 toneladas en el año 2017 (SIAP, 2018), mostrando un descenso de 23% en su producción en el año 2018 (Cuadro 2). Según los datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (SIAP, 2019), en el año agrícola 2019, la entidad registró una superficie sembrada de 329,962.31 hectáreas, en ambas modalidades (riego y temporal). El municipio de Cadereyta Jiménez destaca con un volumen de producción de 19,787 toneladas en el ciclo Otoño – Invierno 2019 en ambas modalidades (riego + temporal) (Cuadro 3) (SIAP, 2019), siendo el cultivo de trigo grano el más importante en cuanto a superficie sembrada en todo el Estado en dicho ciclo agrícola, representando el 70% de superficie respecto a otros cultivos sembrados.

Cuadro 3. Cierre Agrícola: Ciclo Otoño-Invierno 2019; Modalidad: Riego + Temporal; Estado: Nuevo León; Cultivo: Trigo grano. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (SIAP, 2019).

	Municipio	Superficie (ha)			Producción	Rendimiento (udm/ha)
		Sembrada	Cosechada	Siniestrada		
1	Agualeguas	120.00	70.00	50.00	203.00	2.90
2	Anáhuac	703.00	703.00	0.00	2,460.50	3.50
3	Aramberri	18.00	18.00	0.00	32.40	1.80
4	Cadereyta Jiménez	9,210.00	9,210.00	0.00	19,787.00	2.15
5	Cerralvo	625.00	625.00	0.00	2,089.50	3.34

6	China	358.00	358.00	0.00	763.00	2.13
7	Doctor González	400.00	400.00	0.00	765.00	1.91
8	Galeana	487.00	487.00	0.00	1,460.02	3.00
9	General Terán	5,863.00	5,863.00	0.00	9,556.69	1.63
10	General Treviño	48.00	48.00	0.00	151.20	3.15
11	General Zaragoza	12.00	12.00	0.00	20.40	1.70
12	Los Herreras	250.00	250.00	0.00	475.00	1.90
13	Hualahuises	60.00	0.00	60.00	0.00	0
14	Linares	350.00	0.00	350.00	0.00	0
15	Montemorelos	650.00	650.00	0.00	1,170.00	1.80
16	Pesquería	1,857.00	1,857.00	0.00	5,849.55	3.15
17	Los Ramones	2,160.00	2,160.00	0.00	5,186.50	2.40
18	Sabinas Hidalgo	40.00	40.00	0.00	138.00	3.45

2.2 Origen geográfico

El origen geográfico del trigo es una teoría ampliamente discutida. Según diversos autores, el centro de origen se encuentra desde Mesopotamia (De Candolle), pasando por Turquía, Afganistán e India (Vavilov), hasta las teorías actuales que sitúan el origen del cultivo en el Cercano Oriente entre los ríos Tigris y Eufrates (Figura 3). Un conjunto de evidencias sugiere que la escaña menor (*T. monococcum*) fue desarrollada a partir de una gramínea silvestre nativa de tierras áridas de Asia Menor. La escaña, se considera como uno de los ancestros de los trigos actualmente cultivados, pues tiene características parecidas a las especies silvestres de trigo encontradas en regiones

montañosas de Siria y Palestina. La escaña menor y muchas gramíneas silvestres tuvieron la misma área en común, por lo que se suele aceptar que el trigo se originó por la hibridación de una escaña y una gramínea silvestre (Carrera y Mateo, 2005).

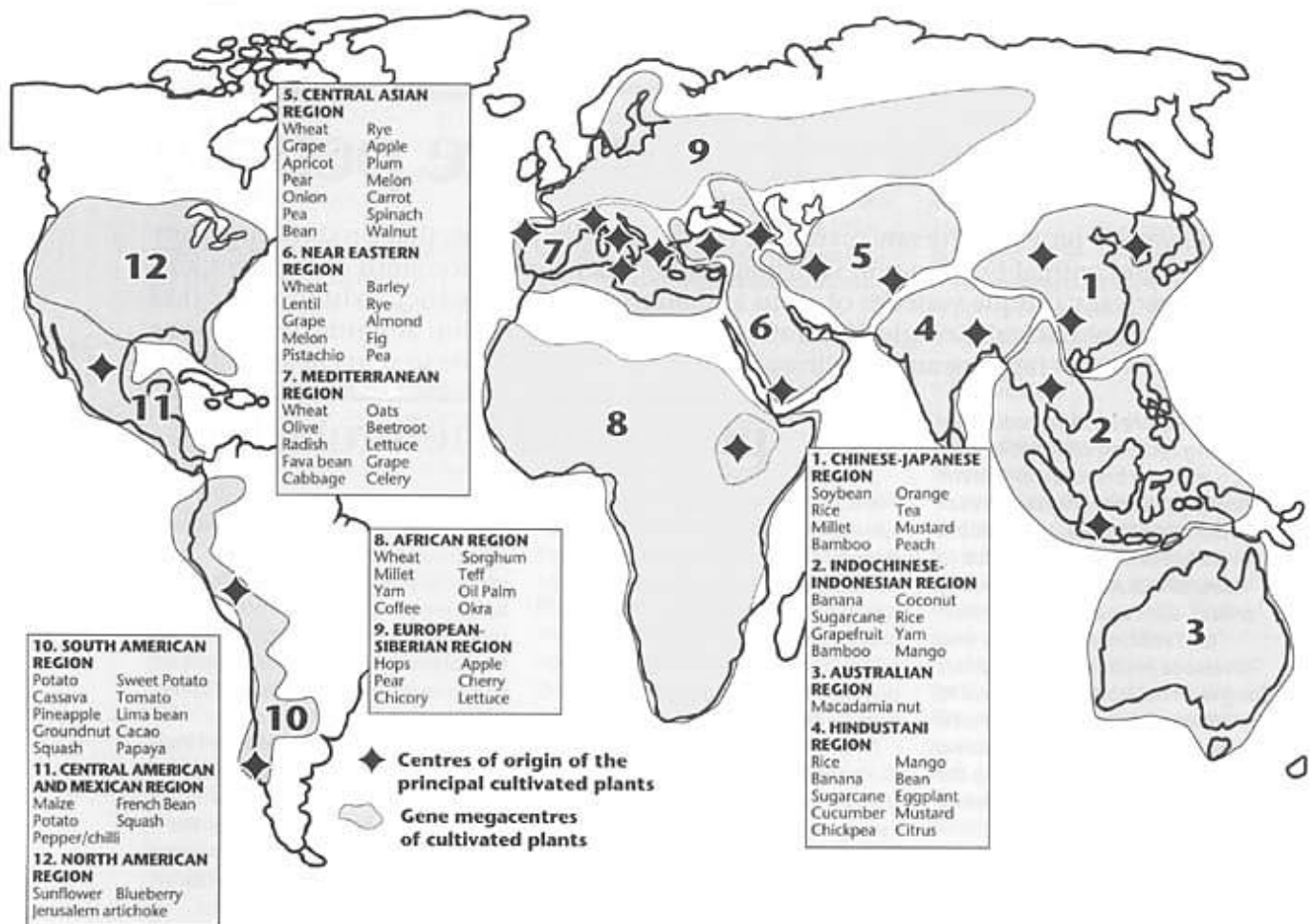


Figura 3. Centros de origen de diversos cultivos. (FAO, 1993).

2.3 Clasificación taxonómica del trigo

De acuerdo con Gadea (1954):

Clase	Monocotiledoneas
Orden	Glumifloras
Familia	Gramíneas
Subfamilia	Festucoideas
Tribu	Ordeas
Subtribu	Triticae (Hordeae)
Género	<i>Triticum</i>
Especie	<i>aestivum</i>

2.4 Descripción botánica y fisiología

De acuerdo con la información presentada por Carrera y Mateo (2005) se resumen los siguientes puntos:

2.4.1 Morfología y anatomía

Hojas. El trigo es una planta herbácea que desarrolla de siete a ocho largas hojas, en forma de cinta y terminadas en punta. La parte inferior de las hojas (vaina), rodea toda la longitud de un entrenudo y se prolonga a través de una lígula transparente, larga y corta pegada al tallo. La parte superior de la hoja, el limbo, se prolonga a cada lado del tallo por dos aurículas pelosas poco abrazadoras.

Raíces. Su sistema radicular es fasciculado y muy desarrollado, encontrándose el 55% de su peso en los primeros 25 cm del suelo.

Espiga y espiguillas. La principal diferencia morfológica del trigo con respecto a otros cereales se encuentra en la espiga que presenta 2 glumas por nudo del raquis con una sola espiguilla que incluye un número variable de flores fértiles, que depende de la variedad y las condiciones de desarrollo, pero que suele oscilar entre 2 y 5 y generalmente es de 3. Cada espiguilla está formada por dos brácteas o glumillas, la inferior, denominada lema, se inserta sobre un corto pedúnculo y en algunas variedades es aristada, en su axila tiene una flor que está recubierta por la gluma superior, la pálea. El número de espiguillas por centímetro de raquis define la compacidad de la espiga, diferenciándose espigas compactas y espigas laxas.

Tipo de reproducción. El trigo es una planta autógama, cuando los estambres salen al exterior, la fecundación ya se ha producido. Lo anterior determina una alta capacidad de las variedades para mantener sus características agronómicas constantes a lo largo de los procesos de reproducción.

Grano. La forma, tamaño, color, textura y otras características del grano de trigo son muy variables.

- Tamaño. Normalmente es ovalado y con una longitud máxima de 4 a 10 mm. Las variedades que tienen granos de menos de 7 mm de longitud se consideran de grano pequeño (corto), entre 7 y 9 mm son de grano mediano y cuando tienen más de 9 mm se consideran de grano largo.
- Forma. El grano puede tener forma elíptica, ovalada, ovoide, redondeada y oblonga. Sobre la cara central tiene un surco profundo y sobre la parte apical, en uno de sus extremos, lleva un mechón de pelos, fácilmente observables poco

después de la recolección, pero que son difíciles de identificar en trigos muy secos por ser muy quebradizos.

- Color. El color está originado por las cubiertas de la semilla, aunque también puede venir modificado por la naturaleza del albumen, debido a la transparencia del pericarpio. Varía del blanco al rojo, con matices muy distintos que pueden llegar al ámbar y al púrpura, según propiedades específicas, varietales y de hábitat.

- Características generales. En la madurez, la cara dorsal del grano, donde se encuentra el embrión, está protegida por la lema y la cara ventral por la pálea. En esta cara, el grano tiene una hendidura longitudinal (surco) cuyas características de anchura y profundidad sirven para clasificar los granos.

El grano de trigo es una cariósida desnuda. En una sección longitudinal del mismo se observan desde el exterior hacia el interior los siguientes tejidos:

- a) El *pericarpio*, constituido a su vez por el *epicarpio* o pericarpio externo, constituido por células rectangulares de pared gruesa, el *mesocarpio*, una o dos capas de grandes células, denominadas transversales porque se sitúan perpendicularmente a las del epicarpio y el *endocarpio*, representado por células tubulares dispuestas en el sentido de la longitud del grano.
- b) El *tegumento* de la semilla que procede de células protectoras del óvulo, denominada *testa* y constituida por dos capas de células de pared delgada. La capa interna es la que proporciona, por su pigmentación, el color característico de los granos rojos.

- c) *Albumen o endospermo* que está rodeado externamente por una capa de células cúbicas gruesas, denominada capa de aleurona o capa proteica, ya que son engrosadas, de forma cúbica, con alto contenido en nitrógeno en forma de granos de aleurona. Internamente a dicha capa se encuentra un albumen harinoso, uniforme, de células llenas de granos de almidón y proteínas (gluten).
- d) *Embrión*, en la parte inferior de la cara dorsal que comporta las estructuras básicas necesarias para el desarrollo de la nueva plántula y está rodeado por el escutelo o cotiledón único, tejido de reserva cuya función es la de movilizar reservas desde el albumen hacia el embrión durante la germinación.

Diferencias morfológicas entre trigo duro y blando

La principal diferencia es que el trigo duro (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) tiene las hojas de color más claro, y totalmente glabras (sin pilosidad). Por otra parte, el trigo duro presenta un aparato vegetativo menos desarrollado y de menor capacidad de ahijamiento (amacollamiento), con una caña más débil, lo que le sensibiliza al encamado, siendo su porte más erguido en el encañado. La espiga tiene un raquis sólido, con glumas carenadas hasta su base y es compacta, cada glumilla inferior termina con una larga arista, muy rugosa. El grano es más estrecho que el del trigo panificable (*Triticum aestivum* L.), alargado, de surco profundo, un mechón poco desarrollado y su textura es fuertemente vítrea. En el Cuadro 4 se resumen las

principales características distintivas entre trigos vítreos, duros o semoleros y trigos blandos o harinosos.

Cuadro 4. Características diferenciadoras entre trigos duros y blandos (Carrera y Mateo, 2005).

Trigo duro	Trigo blando
Predomina el gluten (proteínas)	Predomina el almidón
Mejor rendimiento en molinería (kg harina/kg grano)	Mayor rendimiento en pan (kg pan/ kg harina)
Usos: sémolas y pastas	Usos: pan, salvado, confitería, ingrediente en formulación de alimentos de uso pecuario.

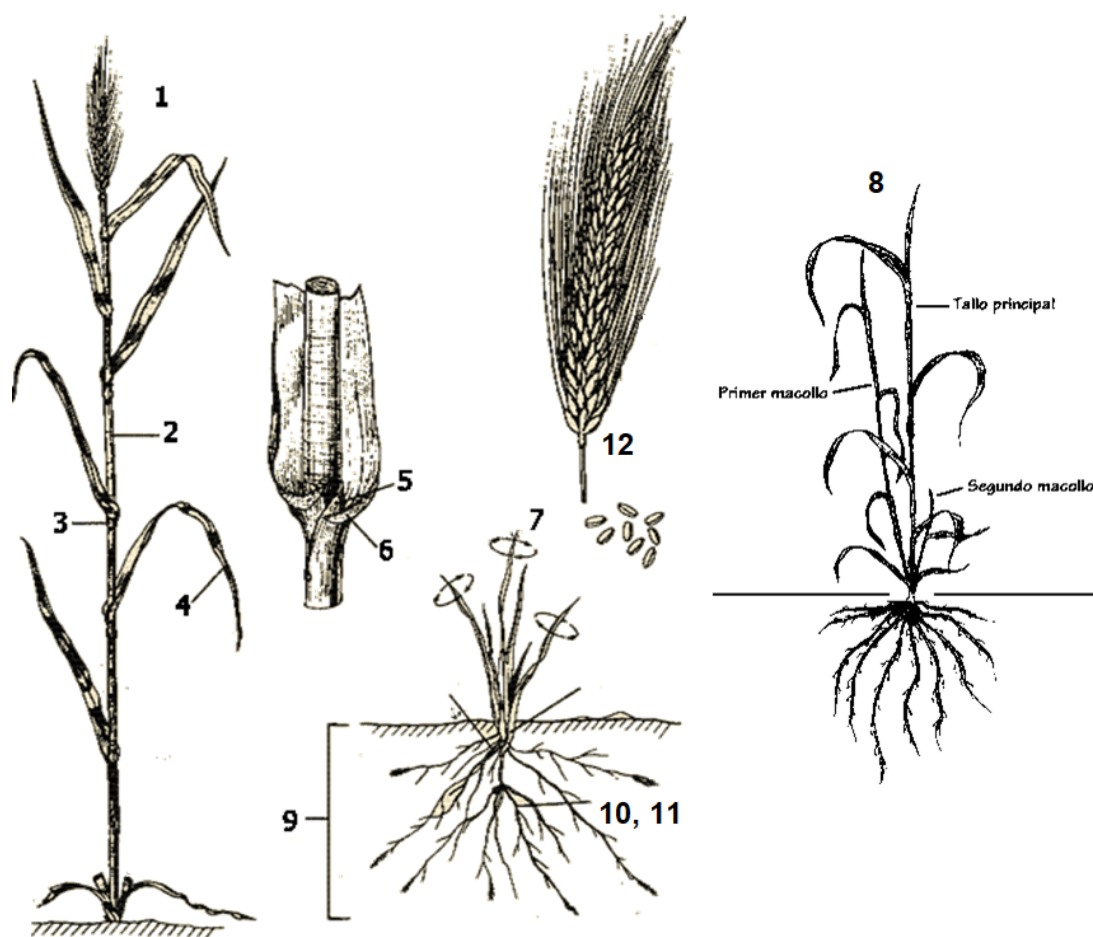


Figura 4. Morfología de una planta de trigo (Adaptación propia con información de Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo, 2020).

Terminología de Figura 4:

1. Altura que varía entre los 30 y 180 cm.
2. El tallo es recto y cilíndrico. Tiene nudos.
3. El nudo es sólido. La mayoría de los trigos tienen seis nudos.
4. La hoja es lanceolada, con un ancho de 0.5 a 1 cm y una longitud de 15 a 25 cm.
5. La lígula es de longitud media.
6. Lígula y aurícula.
7. En la plántula, las hojas se despliegan al nacer, girando en el sentido de las manecillas del reloj.
8. Amacollamiento. Esta es una característica particular en los cereales. Se producen macollos o hijuelos en cantidad variable, generalmente de 2 a 6.
9. Las raíces del trigo son semejantes a la de la cebada y la de la avena.
10. Las raíces permanentes o secundarias nacen en el primer nudo.
11. Raíces que nacen a partir de la semilla. Normalmente existen cinco raíces seminales, una radical o primaria y cuatro laterales, que funcionan durante toda la vida de la planta.
12. Espiga de trigo común. Consiste en un conjunto de espiguillas que terminan en una arista o barba. Los granos pueden ser blandos o duros, y su forma varía dependiendo de la especie (trigos harineros o macarroneros).

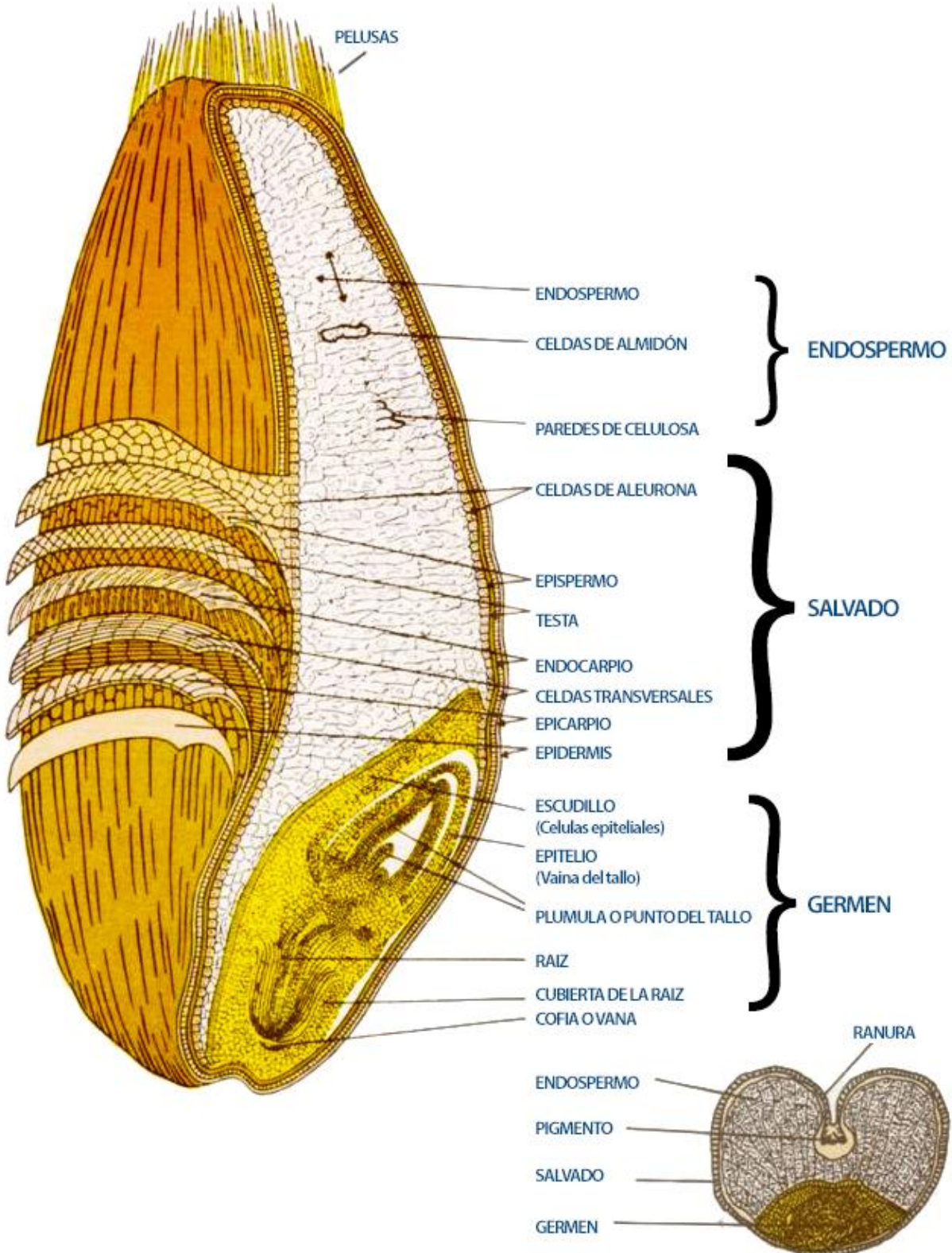


Figura 5. Estructura de un grano de trigo (Harinera Beleño, 2013).

2.4.2 Taxonomía botánica

El trigo pertenece a la familia de las gramíneas (*Poáceas*), tribu *Hordeae*. La primera clasificación de los trigos fue realizada por Linneo en 1753, aunque no fue hasta más tarde, en 1918, cuando Sakamura clasificó las especies del género *Triticum*, en función del número de cromosomas, agrupándolas en tres series: diploide con 14 cromosomas ($n=7$) y genoma AA, tetraploide con 28 cromosomas ($n=21$) y genoma AABB y hexaploide con 42 cromosomas ($n=21$) y genoma AABBDD (Figura 6). Cada genoma tiene 7 cromosomas. El género *Triticum* comprende alrededor de 30 tipos de trigo con características genéticas muy diferentes, y de los que tan sólo se cultiva aproximadamente la mitad.

La escaña menor, escanda o esprilla (*T. monococcum*), diploide, posee el genoma A, mientras que las escañas silvestres o trigos almidoneros (*T. turgidum*, ssp. *dicoccoides* y *T. turgidum*, ssp. *dicoccum*) poseen los genomas A y B.

Entre los trigos hexaploides (los que poseen los genomas A, B y D), el más importante es el trigo harinero (*T. aestivum*), procedente del cruzamiento de un trigo tetraploide (escaña silvestre o trigo almidonero) y una gramínea diploide con 7 cromosomas que aportó el genoma D, denominada *Aegilops squarrosa*, y más recientemente *T. tauschii*.

El *T. aestivum* o trigo blando es con diferencia la especie más cultivada. Le sigue el *T. turgidum* y en particular su principal subespecie *T. turgidum durum*, trigo duro, semolero o macarronero.

Los principales caracteres morfológicos utilizados para diferenciar las especies y subespecies de trigo son los siguientes:

- Fragilidad o solidez del raquis.
- Persistencia de las glumas (grano vestido) o no (grano desnudo) después de la trilla.
- Número de flores.
- Número de granos por espiguilla.
- Número de espiguillas por centímetro de raquis.
- Características del grano tales como: dimensiones, forma, sección, composición y color.
- Características de las glumas y de las glumillas (dimensiones, forma, pilosidad, importancia del nervio principal, etc.)
- Color de las glumas.

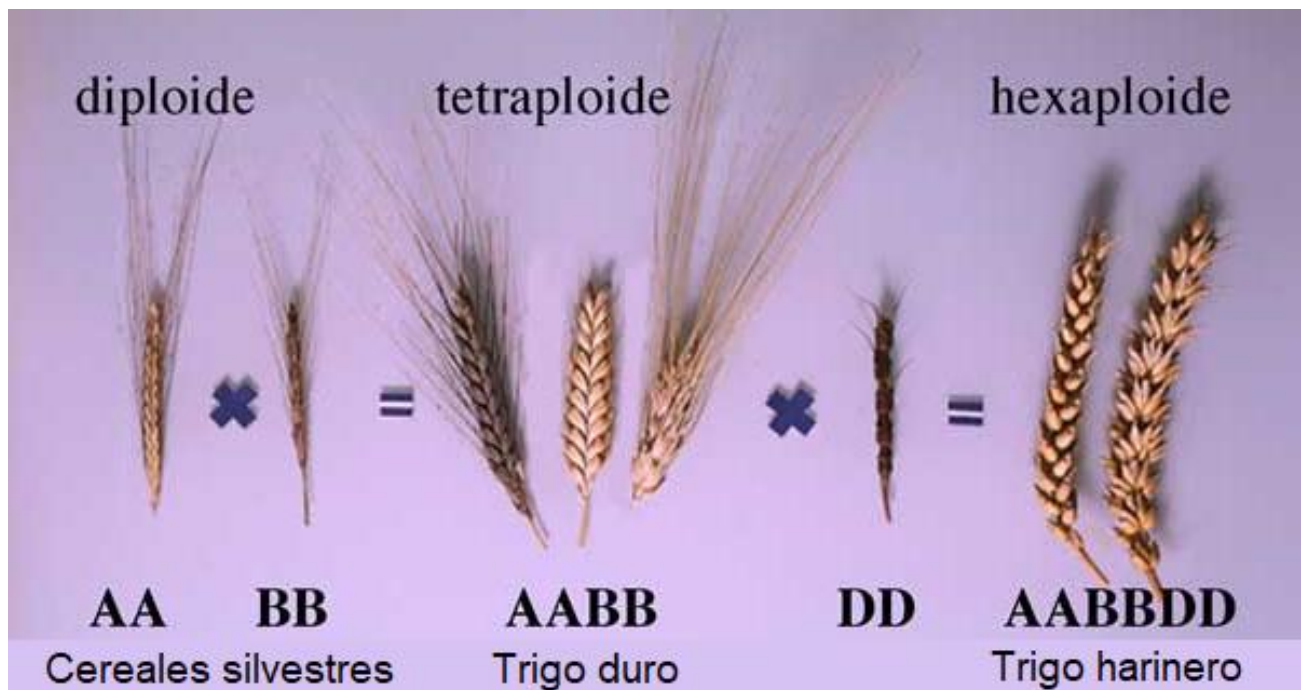


Figura 6. Evolución de especies del género *Triticum*.

2.5 Exigencias edafoclimáticas

2.5.1 Hábito de crecimiento y adaptación

Por su amplia adaptación, el trigo es cosechado en el mundo a lo largo de todo el año. Su diversidad aumenta por la existencia de trigos de invierno y de primavera (Cuadro 5). Los trigos de invierno son cultivados en las áreas de inviernos benignos y necesitan un periodo vernalizante para la floración. Los trigos de primavera, que no precisan vernalización, se siembran en dicha estación en regiones de inviernos rigurosos, o también en otoño e invierno en las zonas meridionales, con el fin de aprovechar la humedad del período otoño-primavera y escapar de las altas temperaturas al final del ciclo.

Cuadro 5. Clasificación de trigos por hábito de crecimiento. (Hanson, *et al.*, 1985)

Trigos de hábito invernal	Trigos de hábito primaveral
Se siembran en otoño. Las plántulas emergen y amacollan antes del invierno; pasando por un período de inactividad durante el tiempo frío. Las plántulas reanudan su crecimiento rápido en primavera y maduran en verano. Este tipo de trigos requiere de un período de vernalización (exposición a temperaturas de 1 a 5°C) antes de que la fase vegetativa cambie a reproductiva.	Tienen un ciclo de crecimiento continuo, sin un período de inactividad. No pueden sobrevivir a temperaturas bajas sostenidas. En las regiones en donde se presentan inviernos severos, se siembran en la primavera, después de la última helada. En otras áreas, sobre todo en aquellas con clima mediterráneo, se siembran en otoño y crecen durante el invierno con temperaturas moderadas.

Dicha clasificación depende según los requerimientos de cantidad mínima de horas frío, la resistencia al frío y la sensibilidad a la duración del día de cada una de las variedades. La duración del período total de crecimiento del trigo de primavera varía entre 100 y 170 días, mientras que el trigo de invierno necesita de 180 a 300 días para madurar. Los requerimientos de vernalización y sensibilidad al fotoperíodo varían sustancialmente entre variedades y alteran la duración de la fase de ahijamiento.

El Cuadro 6 muestra la duración de las diversas fases de desarrollo del trigo en días desde la siembra, para diferentes regiones productoras. Se estima que el 40% del área triguera del mundo se siembra con trigos de hábito invernal y produce 50% del grano. Los trigos de hábito primaveral ocupan aproximadamente el 57% del área triguera.

Cuadro 6. Duración de las fases fenológicas del trigo en días desde la siembra (S) en las zonas productoras de trigo a nivel mundial. (FAO, 2012).

Área	S-Emergencia	S-Espigazón	S-Antesis	S-Madurez	Tipo de variedad
Europa central y septentrional	12-48	ND	54-250	71-280	primavera, invierno
Italia	12-19	62-166	67-170	100-213	primavera
China	4-ND	67-ND	ND-217	83-251	primavera, invierno
India	6-16	77-ND	70-103	85-145	primavera
Rusia	ND	39-ND	ND	76-305	primavera, invierno
Norte de África y Asia Occidental	6-16	116-138	ND	158-178	primavera
EE.UU.	ND	52-210	ND	113-310	primavera, invierno
Canadá	5-15	50-250	ND	90-300	primavera, invierno

América del Sur	6-12	ND	70-135	112-186	primavera
Australia	7-17	35-90	60-170	90-215	primavera, invierno

ND=No Definido

2.5.2 Exigencias climáticas

El trigo es un cultivo de estación fría cuya temperatura mínima de crecimiento es de aproximadamente 2 a 4°C, la óptima alrededor de 25 a 31°C y la máxima en torno a los 31 a 43°C. (Parsons, 1989).

El frío invernal puede tener consecuencias negativas ocasionando necrosis en una parte de las hojas o destruyendo las plántulas. Los daños por frío invernal dependen tanto de la sensibilidad como del estado de desarrollo (Figura 7). Después de la germinación el trigo es particularmente sensible al frío. En el estado de tres a cuatro hojas, al comienzo del ahijamiento o macollaje, la resistencia es máxima. Por lo anterior, resulta conveniente realizar la siembra lo suficientemente precoz para que la planta alcance un estado de menor sensibilidad antes de la llegada de los fríos invernales intensos.

A partir del momento en que la planta llega al final del período de ahijamiento, la resistencia al frío empieza a disminuir. Esta es una de las razones que impide en zonas templadas una siembra demasiado precoz, para evitar avanzar demasiado el ciclo antes de la llegada de los fríos invernales, de hecho, no encontrándose el trigo muy desarrollado cuando lleguen las heladas, éstas tienen un efecto beneficioso en el desarrollo de las raíces. Las temperaturas bajas son, por otra parte, el factor limitante de las siembras de las variedades de primavera.

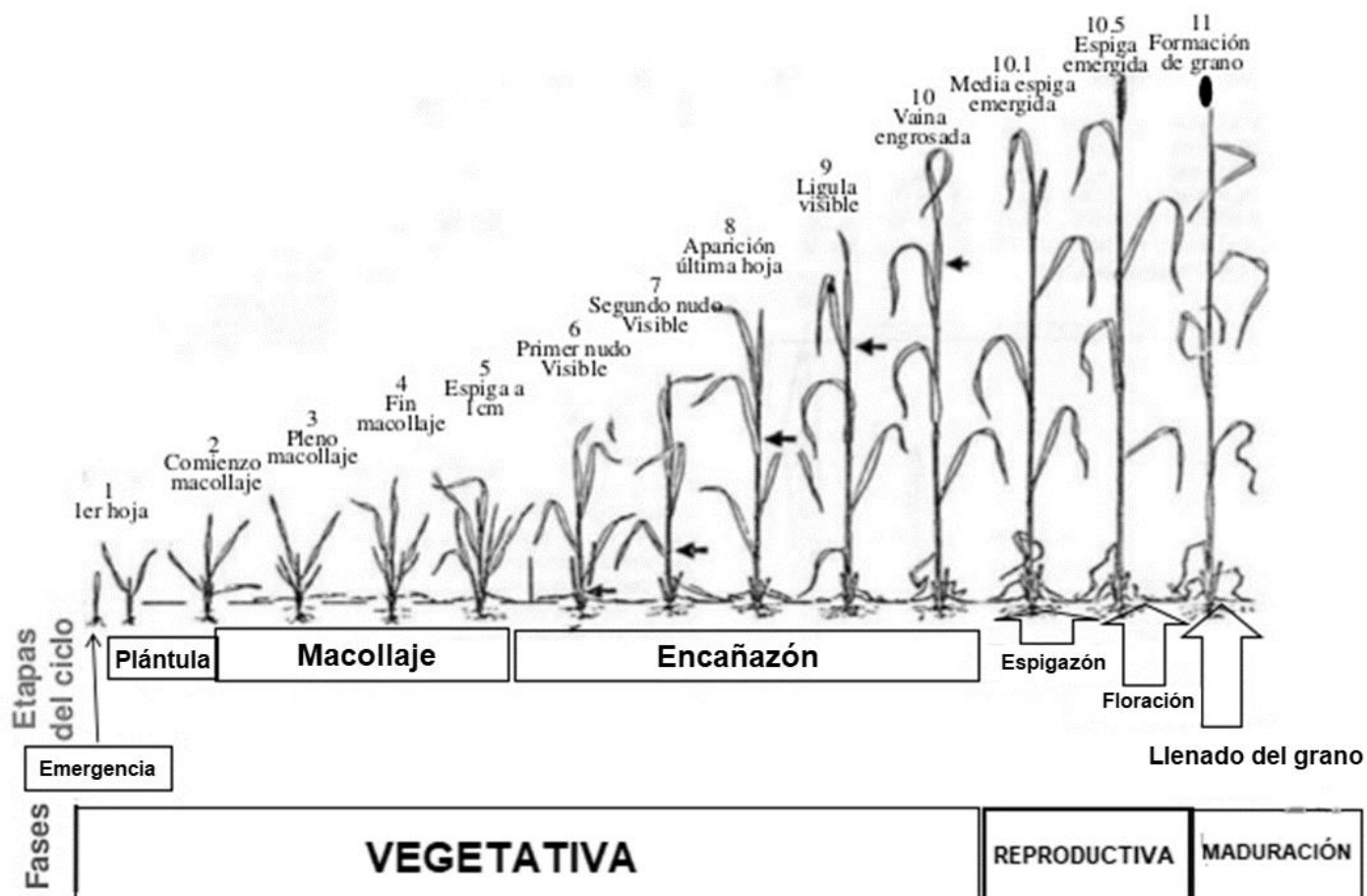


Figura 7. Escala de desarrollo del trigo adaptada de Feekes (Large, 1954).

Durante la floración, una temperatura inferior a los 16°C puede motivar una disminución de la fecundación. Por debajo de esta temperatura, las anteras no se abren y los estigmas ya no son receptivos. Los fríos tardíos acompañados de niebla y carencias nutricionales pueden ocasionar la no fecundación de espiguillas terminales, así como las segundas o terceras flores de cada espiguilla (Carrera y Mateo, 2005).

Las temperaturas demasiado altas también pueden ser perjudiciales para la planta, pues limitan los intercambios gaseosos al cerrar los estomas: calor e iluminación demasiado intensos, lo que implica mayor evapotranspiración, deteniendo la migración

de reservas de las hojas y los tallos hacia el grano, fenómeno conocido como asurado fisiológico. Ante ese caso, se pueden seleccionar variedades más precoces en las regiones en las que el riesgo es importante.

Por otro lado, una alta humedad y altas temperaturas limitan el cultivo de los cereales porque estas condiciones propician el desarrollo de enfermedades. Los vientos demasiado fuertes provocan el acame de los cereales, especialmente en variedades de tallo largo (Parsons, 1989).

2.5.3 Exigencias edáficas

El trigo es un cultivo que prefiere suelos profundos y bien drenados. Los suelos demasiado arcillosos suelen provocar asfixia radicular durante el período de lluvias, limitando el desarrollo y funcionalidad de las raíces y favoreciendo el desarrollo de enfermedades. Por el contrario, en suelos arenosos el trigo padece deficiencias nutricionales y estrés hídrico en el período de maduración de grano. De manera general, es necesario que la condición física del suelo tenga las siguientes características (Parsons, 1989):

- a) Una estructura granular, que permita la aireación y el movimiento del agua en el suelo.
- b) Un perfil de tierra cultivable de hasta unos 30 cm, para un enraizamiento adecuado.
- c) Que no sea susceptible a la formación de costras que dificulten la germinación y aireación.
- d) Que tenga suficiente materia orgánica.

El pH del suelo tolerado por el trigo está comprendido entre 5 y 8, si bien el óptimo se sitúa entre 6 y 7. En relación con la salinidad, el trigo se considera tolerante, estimándose que el rendimiento se ve afectado cuando la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo es superior a 6 dS m^{-1} . La fase de mayor sensibilidad es la germinación, cuando la salinidad no debería pasar de 3.5 a 4 dS m^{-1} en la capa más superficial. La tolerancia de las plantas a la salinidad, refiriéndola a disminuciones del rendimiento de un 0, 10, 25 y 50%, por efecto de la salinidad del suelo en el extracto de pasta saturada (CE_s) o del agua de riego (CE_{ar}) ha sido tabulada por Ayers y Westcot (1976) y Carter (1981):

Cuadro 7. Tolerancia del trigo a la salinidad: disminuciones del rendimiento por efecto de la salinidad en suelo (CE_s) y en agua de riego (CE_{ar}).

Especie y tolerancia	C.E umbral dS m^{-1} 25°C	Disminución del rendimiento por unidad de C.E (%)	Disminución del rendimiento (%)							
			0%		10%		25%		50%	
			CE_s	CE_{ar}	CE_s	CE_{ar}	CE_s	CE_{ar}	CE_s	CE_{ar}
Trigo (tolerante)	6.0	7.1	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.4	13.0	8.7

2.6 Productividad y uso del agua

La evapotranspiración total acumulada (ET) del cultivo de trigo varía entre 200 y 500 mm, pudiendo ser menor en zonas semiáridas sin riego, y llegar a 600 y 800 mm en condiciones de riego intenso. En una gráfica de rendimiento de grano vs. ET, la pendiente puede ser interpretada como la productividad del agua en términos de rendimiento y consumo de agua ($\text{WP}_{Y/ET}$).

Si el corte en el eje x de esta relación se toma como medida de la evaporación acumulada del suelo, entonces, la pendiente se puede interpretar como la productividad del agua en términos de transpiración (WP_Y/Tr). Sobre esta base, normalmente se reporta que la WP_Y/Tr se encuentra entre 1.0 y 1.2 kg/m³ (10 a 12 kg/ha por mm) para producción de grano (French y Schultz, 1984). Un análisis internacional ha indicado que la máxima eficiencia alcanzable (para granos) en sistemas actuales de trigo probablemente sea alrededor de 2.2 kg/m³ (Sadras y Angus, 2006). La proporción de agua usada en la transpiración varía ampliamente. La variación entre variedades en el rendimiento normalmente está más relacionada con las diferencias en el uso total del agua. Al comienzo del período de crecimiento, el uso diario de agua puede ser muy bajo (< 2 mm/día) por las bajas temperaturas y en condiciones mediterráneas, la alta humedad. La transpiración como una proporción de la ET total también es baja debido a la poca cobertura del dosel. Para el trigo de hábito invernal en ambientes templados, esta situación puede prolongarse durante meses. A medida que aumenta del dosel durante el ahijamiento o amacollamiento y la elongación del tallo, la tasa de uso de agua se incrementa y normalmente alcanza el máximo cerca de la antesis, a razón de 5 y 8 mm/día (FAO, 2012).

2.6.1 Respuesta al estrés hídrico

El rendimiento del trigo puede considerarse el producto de tres componentes: la cantidad de espigas por unidad de área, la cantidad de granos por espiga y el tamaño de los granos. En gran medida, los componentes se desarrollan en secuencia y el momento en que ocurra el estrés hídrico determina cuál de los componentes se verá afectado. La cantidad potencial de hijuelos (brotes axilares o macollos), y por ende, de

espigas por unidad de área, es la primera que se determina, seguida de la cantidad de granos por espiga y, por último, el tamaño del grano. De tal forma, en términos generales, el estrés temprano limita la cantidad de hijuelos (macollos) y el estrés después de la antesis reduce la cantidad y el tamaño de los granos individuales (Passioura y Angus, 2010).

Consecuente con esto, los períodos durante los cuales el rendimiento del trigo normalmente se considera más sensible al estrés por humedad son:

- a) el período durante el cual los hijuelos se están desarrollando y sus tasas de aborto son las más altas
- b) cuando se comienza a formar el grano
- c) desde comienzos hasta mediados del llenado del grano, cuando los granos jóvenes en desarrollo pueden ser abortados (Turner, 1997).

En contraste, el exceso de agua puede reducir sustancialmente el rendimiento. Los niveles reducidos de oxígeno en el suelo incluso en periodos cortos (1 a 3 días) pueden dañar las raíces, limitando la profundidad de suelo explorado, reduciendo la absorción de nutrientes y la cantidad de tallos secundarios (FAO, 2012).

2.7 Plagas y enfermedades

Por lo general, el trigo es afectado por la presencia de áfidos, comúnmente conocidos como pulgones, insectos que constituyen una plaga de poblaciones altas. La roya de la hoja y la roya lineal amarilla son las enfermedades más relevantes (INIFAP, 2017).

2.7.1 Pulgón amarillo de los cereales (*Metopolophium dirhodum*)

Los áfidos son insectos succionadores de cuerpo blando, casi transparente. Cuando existen en cantidades abundantes, pueden causar amarillamiento y muerte prematura de las hojas. Exudan gotas de un líquido azucarado que puede causar diminutas manchas en las hojas y favorece el desarrollo de mohos negros (Prescott, *et al.*, 1986). Los daños los causa por succión de la savia provocando amarillamiento de las hojas y la reducción de la altura de las plantas cuando las poblaciones son importantes. El rendimiento es afectado por la reducción del número de granos por espiga (Imwinkelried y Frana, 1982). El cuerpo es de 2.2 a 3.0 mm de longitud, de color amarillo verdoso con una franja media dorsal longitudinal distintiva. Las antenas son largas y los segmentos antenales tienen ápices oscuros (Imwinkelried *et al.*, 2004). Se sugiere efectuar revisiones sobre el cultivo: cuando se observen entre 10 y 12 pulgones por planta se aplican los insecticidas siguientes: Ometoato 1000, en dosis de 300 a 350 mililitros por hectárea (ml/ha); Pirimicarb, 300 gramos por hectárea (g/ha); Malathión 1000 E, 500 ml/ha; y Dimetoato 40, de 1 a 1.5 l/ha (INIFAP, 2017).

2.7.2 Roya de la hoja (roya café) (*Puccinia recondita*)

Es una enfermedad foliar importante distribuida en todo México, causada por el hongo *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. Se manifiesta como pústulas ovales de color rojo oscuro, diseminadas principalmente en las vainas foliares y en el haz de las hojas, aunque bajo condiciones favorables puede desarrollarse en glumas, pedúnculos y entrenudos. Las pústulas (uredias) rompen la epidermis y conforme la planta se acerca a la madurez, las uredias son reemplazadas por telias (pústula que contiene teliosporas), las cuales pueden ser observadas en el haz, envés y vainas de las hojas. Es un

patógeno biotrófico que obtiene los nutrientes exclusivamente de tejidos vivos y utiliza estos recursos para su crecimiento y esporulación (Ney *et al.*, 2013). Las uredosporas y el micelio de *P. recondita* f. sp. *tritici*, invernán en trigo y en zacates del norte de México y en algunas áreas del sureste de Texas. Después de la invernación del patógeno, la intensidad de la enfermedad se incrementa entre febrero y marzo, tan pronto como las temperaturas ascienden y el crecimiento de la planta de trigo se estimula.

Las condiciones requeridas por el hongo son temperaturas entre 15 y 21°C y oscuridad. Las noches frescas con alta humedad relativa en forma de neblina o lluvia, seguidas por mañanas soleadas, son condiciones óptimas para el establecimiento del hongo. La infección ocurre en un periodo de cuatro a seis horas y una nueva generación de esporas puede ser producida en siete a diez días.

Una de las formas más económicas para evitar el daño causado por esta enfermedad es mediante el uso de variedades con resistencia. Si las condiciones ambientales son propicias o la aparición de nuevas razas de hongos afectan al cultivo, se recomienda el uso de fungicidas elaborados con ingredientes activos como Propiconazol, Epoxiconazol, Tebuconazol, entre otros, en dosis desde 0.5 a 1 l/ha de producto comercial (INIFAP, 2017).

2.7.3 Roya lineal amarilla (*Puccinia striiformis*)

Es una enfermedad causada por el hongo *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Cuando ataca de manera severa en variedades susceptibles llega a causar pérdidas del rendimiento mayores de 60 % y deteriora fuertemente la calidad del grano (Huerta y Singh, 2000).

Las pústulas que contienen uredosporas de un color que varía entre el amarillo y el amarillo anaranjado, por lo general forman estrías estrechas sobre las hojas. También se pueden encontrar pústulas sobre las vainas, cuellos y glumas. Las infecciones primarias son producidas por uredosporas transportadas por el viento. La enfermedad avanza con rapidez cuando existe humedad libre (lluvia o rocío) y la temperatura oscila entre 10 y 20°C. Con temperaturas superiores a los 25°C, se reduce la producción de uredosporas y a menudo aparecen teliosporas negras (Prescott, *et al.*, 1986).

2.8 Densidad de siembra

Un factor clave en producción de trigo es la comprensión del establecimiento del cultivo, en donde por supuesto se contempla la densidad de siembra. La densidad de siembra, es decir la cantidad de semilla necesaria para establecer una hectárea, los métodos de siembra, la fertilización, el control de malezas y las enfermedades son algunos de los factores limitantes de la producción de trigo (Soomro, *et al.*, 2009). La cantidad de semilla óptima por hectárea es la que capta más de 90% de la radiación incidente al inicio del crecimiento de las espigas (Satorre, 1999). Además, una densidad óptima de siembra proporciona la distancia adecuada para una penetración correcta de la luz solar y la profundidad adecuada a las raíces para absorber el agua y los nutrientes del suelo, lo que resulta en una buena eficiencia en el uso del agua (Soomro, *et al.*, 2009).

En este sentido, como las densidades óptimas de siembra varían en gran medida entre áreas, condiciones climáticas, suelo, fecha de siembra y las variedades difieren genéticamente para los componentes de rendimiento, es importante una evaluación

en diversos rangos de densidades de siembra y ambientes y así determinar el manejo agronómico más adecuado para una región específica (Wiersma, 2002).

Se dispone de escasa información referente a la respuesta a diferentes densidades de siembra y a una densidad de siembra óptima en las variedades de trigo harinero utilizadas en las zonas productoras del Estado de Nuevo León, en donde se siembra en distintos ciclos agrícolas debido a que las zonas productoras varían considerablemente en términos de sus condiciones ambientales. Es por lo anterior que el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de una gama de densidades de siembra, el genotipo y el ambiente en variables agronómicas relacionadas con el rendimiento, ciclo de vida, morfología y fitosanidad de tres variedades de trigo harinero en dos localidades: Marín y Aramberri, Nuevo León durante distintos ciclos agrícolas comprendidos en el periodo 2019-2020.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en dos etapas. La primera etapa corresponde al estudio realizado dentro del Campus La Ascensión (Localidad 1) y la segunda etapa se llevó a cabo dentro del Campus Experimental Marín (Localidad 2), ambos pertenecientes a la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

3.1 Material genético

Las variedades de trigo panificable (*Triticum aestivum* L.) recomendadas para siembra en el Noreste de México y evaluadas en el presente estudio son las descritas en el Cuadro 8. En ambas localidades se utilizaron las mismas variedades.

Cuadro 8. Variedades de trigo panificable sembradas y evaluadas durante el presente estudio (2019-2020).

(V1) San Isidro NL M2012

A través de su evaluación en Nuevo León en los ciclos agrícolas OI2008-2009, OI2009-2010, PV2010, OI2010-2011 y OI2011 -2012, fue seleccionada por su resistencia consistente a la roya de la hoja, buen rendimiento de grano y buena calidad panadera, procediendo por ello a solicitar su registro en el CNVV del SNICS - SAGARPA como la variedad de trigo panificable. De porte bajo (65 cm), longitud promedio de espiga de 7.5 cm, con presencia de barbas o primordios en la punta de la espiga (4 cm).

(V2) Floreña NL M2012

En sus evaluaciones en Nuevo León en los ciclos agrícolas OI2008-2009, OI2009-2010, PV2010, OI2010-2011 y OI2011 -2012, fue seleccionada por su resistencia

consistente a la roya de la hoja, buen rendimiento de grano y buena calidad industrial, procediendo por ello a seleccionarla y a solicitar su registro en el CNVV del SNICS - SAGARPA como la variedad de trigo panificable Floreña NL M2012. De porte medio (80 cm), longitud promedio de espiga de 9.5 cm, con presencia de barbas o primordios en la punta de la espiga (3.5 cm).

(V3) Conatrigo F2015

Variedad de trigo harinero de ciclo intermedio a tardío (112 a 116 días a madurez), de porte medio (87 a 91 cm de altura), resistente al acame, de alto potencial de rendimiento, resistente a royas y con buena calidad industrial. Se generó a través del programa cooperativo INIFAP-CIMMYT y se obtuvo la línea experimental en P-V/2005. Del 2008 al 2015 el Programa Nacional de Trigo del INIFAP la evaluó durante el invierno en 110 ensayos de rendimiento bajo riego en 10 Estados y durante el verano bajo temporal por su reacción a roya en 40 localidades de Valles Altos.

3.2 Densidades de siembra

Las densidades de siembra con las que se establecieron las parcelas experimentales fueron:

- a) Densidad baja (D1): 80 kg de semilla ha⁻¹.
- b) Densidad media (D2): 120 kg de semilla ha⁻¹.
- c) Densidad alta (D3): 160 kg de semilla ha⁻¹.

Para la preparación de las semillas que se esparcieron en cada surco, dependiendo de la densidad determinada, se tomó en cuenta que los surcos estaban distanciados

a 50 cm., siendo útiles para cada unidad experimental, 4 surcos de 5 m. de largo, resultando una superficie de 9 m². Debido a lo anterior se obtuvo la siguiente relación:

- a) Si para la densidad baja se requieren 80 kg de semilla ha⁻¹, en 10 m² se requieren 80 gr de semilla (20 gr. en cada uno de los 4 surcos).
- b) Si para la densidad media se requieren 120 kg de semilla ha⁻¹, en 10 m² se requieren 120 gr de semilla (30 gr. en cada uno de los 4 surcos).
- c) Si para la densidad baja se requieren 160 kg de semilla ha⁻¹, en 9 m² se requieren 160 gr de semilla (40 gr. en cada uno de los 4 surcos).

3.3 Descripción de tratamientos

El diseño experimental fue bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas. Los nueve tratamientos quedaron conformados por la combinación de genotipo x densidad con cuatro repeticiones (Cuadro 9).

Cuadro 9. Tratamientos derivados de la combinación de tres variedades y tres densidades de siembra.

Tratamiento	Variedad	Densidad
1	V1	D1
2	V1	D2
3	V1	D3
4	V2	D1
5	V2	D2
6	V2	D3
7	V3	D1
8	V3	D2
9	V3	D3

*(V1) San Isidro NL M2012; (V2) Floreña NL M2012; (V3) Conatrigo F2015.

*(D1) 80; (D2) 120; (D3) 160 kg de semilla ha⁻¹.

La parcela grande correspondió a la variedad y la sub-parcela a las densidades. Cada unidad experimental se conformó por 4 surcos de 5 m de largo distanciados a 45 cm, combinando el efecto de una variedad con una densidad determinada. De esta manera, en las cuatro repeticiones se tenían las tres variedades con las tres densidades de siembra distribuidas en forma aleatoria (36 unidades experimentales). Entre cada parcela se colocaron 2 m de espaciamiento. En los extremos del experimento se establecieron surcos de protección con otras variedades de trigo: Norteña F2007 y Monarca F2007.

3.3.1 Croquis de experimento en campo: Localidad 1

El acomodo de las unidades experimentales se describe a continuación (Figura 8):

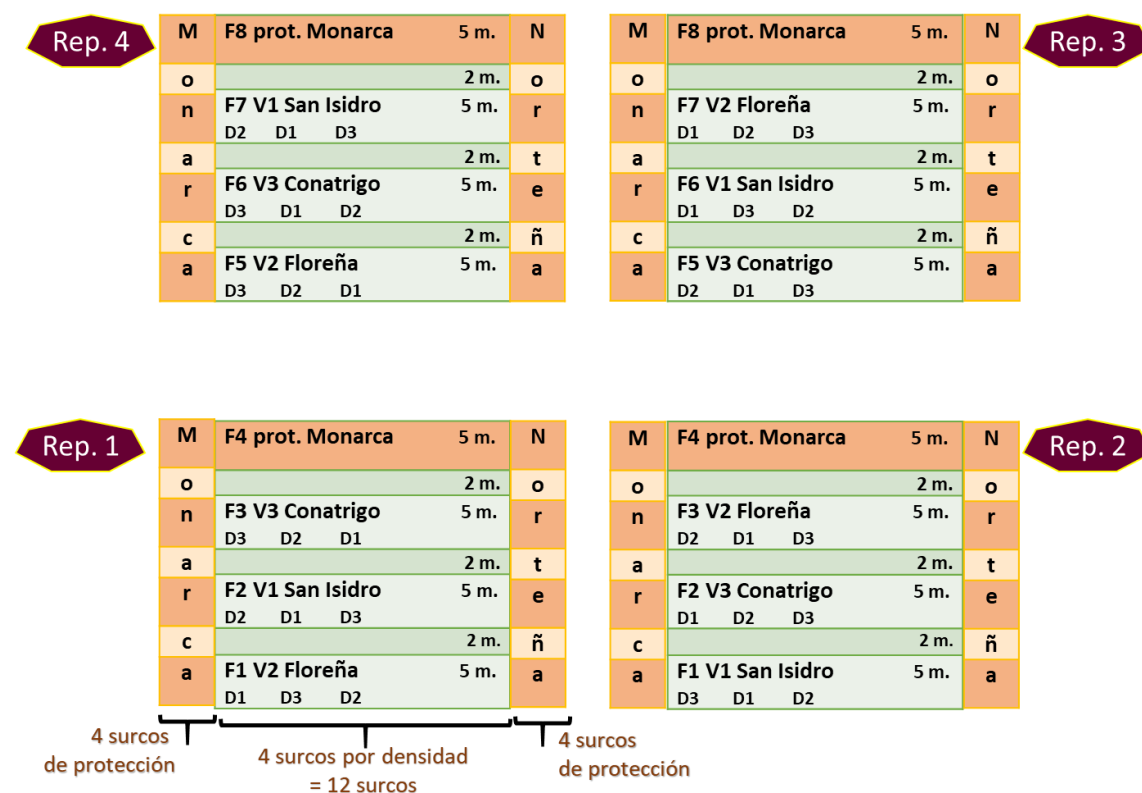


Figura 8. Croquis de experimento: Localidad 1. Aramberri, N.L. Junio-October 2019.

3.3.2 Croquis de experimento en campo: Localidad 2

El acomodo de las unidades experimentales se describe a continuación (Figura 9):

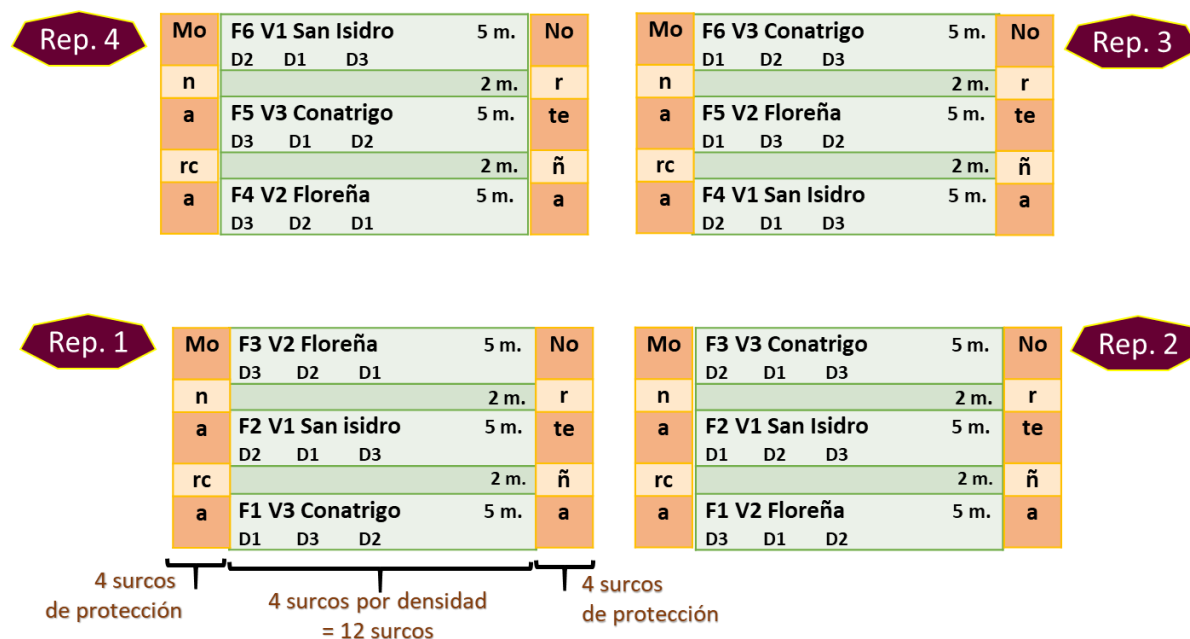


Figura 9. Croquis de experimento: Localidad 2. Marín, N.L. Diciembre 2019-Mayo 2020.

3.4 Análisis de agua de riego

En ambas localidades se tomó la muestra de 1 litro de agua de riego. 1. Se realizó el muestreo aplicando la técnica del triple lavado (llenar el recipiente con el agua de la fuente de recolección, vaciar el contenido y volver a llenar por 3 veces consecutivas). La muestra debidamente identificada, se procesó en el Laboratorio de Suelos, Agua y Tejido Vegetal de la Facultad de Agronomía, UANL, ubicado en el Campus Experimental de Marín, N.L. Los protocolos utilizados para la determinación de cada uno de los componentes fueron los disponibles en dicho laboratorio (Rodríguez y Rodríguez, 2002 y Aguirre, 1975).

Se determinaron los siguientes parámetros:

- a) Calcio
- b) Calcio + Magnesio
- c) Carbonatos (meq/L)
- d) Bicarbonatos (meq/L)
- e) Cloruros (meq/L)
- f) pH
- g) Conductividad Eléctrica (mS)



Figura 10. Reactivos e instrumentos utilizados durante el análisis de agua.

3.4.1 Localidad 1: Aramberri, N.L.

Cuadro 10. Resultados de análisis de agua (Localidad 1).

Determinación	Resultado	Rango usual
Calcio (meq/L)	8.3	0 -20
Calcio + Magnesio (meq/L)	11.2	0 - 5
Carbonatos (meq/L)	-	0 - 0.1
Bicarbonatos (meq/L)	6.2	0 -10
Cloruros (meq/L)	6.45	0 - 30
pH	7.11	6.5 - 8.3
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	0.35	0 - 3

3.4.2 Localidad 2: Marín, N.L.

Cuadro 11. Resultados de análisis de agua (Localidad 2).

Determinación	Resultado	Rango usual
Calcio (meq/L)	3	0 -20
Calcio + Magnesio (meq/L)	5	0 - 5
Carbonatos (meq/L)	0.6	0 - 0.1
Bicarbonatos (meq/L)	0.8	0 -10
Cloruros (meq/L)	5	0 - 30
pH	9.3	6.5 - 8.3
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	1.12	0 - 3

3.5 Análisis de suelo

Se realizó siguiendo la metodología propuesta por Rodríguez *et al.* (2002), en donde se recomienda hacer el muestreo hasta los 20 cm de profundidad (con la ayuda de una barrena). Habiendo encontrado el suelo ni excesivamente seco ni mojado y limpiado la superficie de restos vegetales:

- Las submuestras se tomaron haciendo un recorrido en zigzag (Figura 11).
- La muestra compuesta consistió en una mezcla de submuestras tomadas en el área, de igual volumen y profundidad.
- Se formó una muestra compuesta de aproximadamente 1.5 kg.
- La muestra final obtenida se introdujo en una bolsa plástica limpia.
- Se llevó la muestra al Laboratorio de Suelos, Agua y Tejido Vegetal de la Facultad de Agronomía, UANL, ubicado en el Campus Experimental de Marín, N.L. y se extendió sobre una bolsa de plástico negra, para facilitar el secado del

suelo hasta que el contenido de humedad permitiera la posterior molienda y mezclado homogéneo (Figura 12).

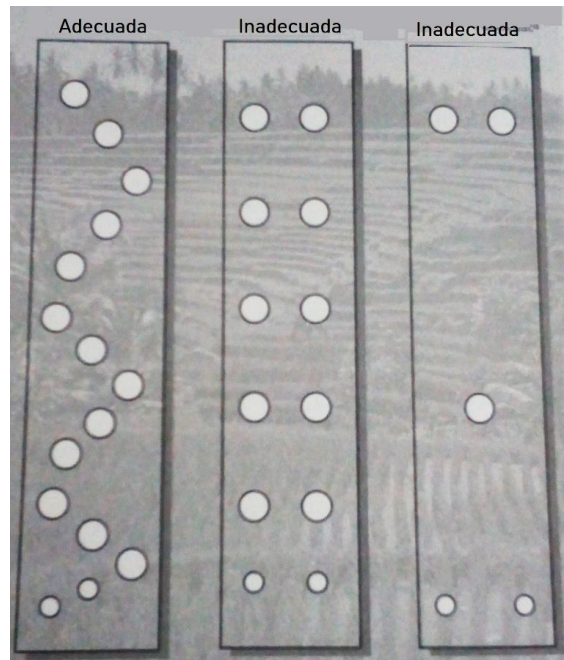


Figura 11. Procedimiento correcto para formar una muestra de suelo en zigzag.

Rodríguez *et al.* (2002).



Figura 12. Manejo de la muestra en laboratorio (extendido y secado).

Después del secado que tuvo una duración de 1 día, se molió la muestra para eliminar los terrones, con la ayuda de un mazo de madera, una tabla, una brocha, una espátula y un tamiz de cuadros de 2.0 mm. (Figura 13 y 14). Las operaciones de tamizado, cuarteado con la espátula y desecho se repitieron hasta obtener el tamaño de muestra deseado.



Figura 13. Material utilizado para moler la muestra de suelo.



Figura 14. Tamiz de cuadros de 2.0 mm.

En la determinación de los componentes físicos y químicos de suelo se consideraron los siguientes factores:

- La textura (porcentajes de arena, limo y arcilla) con el método del hidrómetro de Bouyoucos.
- La conductividad eléctrica en el extracto de saturación del suelo con conductivímetro.
- El pH con potenciómetro, en relación suelo:agua 1:2.
- El porcentaje de materia orgánica por el método de Walkley y Black.
- El contenido de N se determinó por Kjeldahl.
- El contenido de P por el método Olsen modificado y utilizando el fotospectrómetro óptico.

3.5.1 Localidad 1: Aramberri, N.L.

Cuadro 12. Resultados de análisis de suelo (Localidad 1).

Determinación	Resultado	Rango usual	Interpretación
Textura			Arcilloso
% Arena	19.04		
% Limo	25.28		
% Arcilla	55.68		
C.E. (dS/m)	1.14	0 – 16	Efectos adversos mínimos
pH	8.3		Ligeramente alcalino
% Materia orgánica	3.75	0.60 – 6.0	Alto
% Nitrógeno	23.8	0.0 – 0.250	Medianamente rico
Fósforo (ppm)	30.55	12-35	Mediana respuesta

3.5.2 Localidad 2: Marín, N.L.

Cuadro 13. Resultados de análisis de suelo (Localidad 2).

Determinación	Resultado	Rango usual	Interpretación
Textura			Arcilloso
% Arena	9.16		
% Limo	34.36		
% Arcilla	56.48		
C.E. (dS/m)	0.75	0 - 16	Efectos adversos mínimos
pH	8.5		Ligeramente alcalino
% Materia orgánica	2	0.60 – 6.0	Mediano
% Nitrógeno	16.7	0.0 – 0.250	Mediano
Fósforo (ppm)	36.28	12-35	Baja respuesta

3.6 Etapa 1: Localidad 1

3.6.1 Descripción del sitio de estudio

El trabajo en la Localidad 1 (L1) se llevó a cabo en el municipio de Aramberri durante los meses de junio a octubre 2019 en la Facultad de Agronomía - UANL, Campus La Ascensión, ubicado en Carretera La Ascensión – Sandia El Grande Km. 3, Ejido La Ascensión, Aramberri, N.L., con una altitud de 1963 msnm., temperatura y precipitación promedio anual de 19.9°C y 425 mm, respectivamente (INEGI, 2017 y Leal, J., 2012).



Figura 15. Siembra en Localidad 1.

28 junio 2019.



Figura 16. Unidades experimentales

en Localidad 1. 31 agosto 2019.

3.6.2 Fecha de siembra/cosecha y labores agrícolas

Se realizaron las labores de preparación de suelo mediante labranza convencional y antes de la siembra se cuadriculó el terreno para establecer las franjas con los tratamientos, de acuerdo con el croquis de la Figura 8. La fecha de siembra en fue el

28 de junio de 2019 y la cosecha se realizó el 25 de octubre 2019. Durante el desarrollo del cultivo no se presentaron problemas con plagas o malezas. Se aplicaron tres riegos de auxilio.

3.7 Etapa 2: Localidad 2

3.7.1 Descripción del sitio de estudio

Se estableció el estudio en la Localidad 2 (L2) en la Facultad de Agronomía - UANL, Campus Marín, ubicado en Carretera Zuazua - Marín Km. 17.5, Marín, N.L., con una altitud de 396 msnm., temperatura y precipitación promedio anual de 22°C y 573 mm, respectivamente (INAFED, 2009).



Figura 17. Siembra en Localidad 2.
20 diciembre 2019.



Figura 18. Unidades experimentales
en Localidad 2. 24 marzo 2020.

3.7.2 Fecha de siembra/cosecha y labores agrícolas

Se realizaron las labores de preparación de suelo mediante labranza convencional. La siembra ocurrió el 20 de diciembre 2019 y la cosecha el 17 de abril 2020. El croquis

del experimento se encuentra en la Figura 9. Durante el desarrollo del cultivo se presentaron problemas malezas, principalmente: girasol o polocote, chayotillo y zacate Johnson, las cuales se eliminaron de forma manual. Se aplicaron tres riegos de auxilio.

3.8 Variables agronómicas

Se tomaron datos de variables agronómicas en distintas etapas. Algunas antes de cosechar el material y otras después de la cosecha. La cosecha se realizó de forma manual en las parcelas de muestreo, las cuales consistieron en 2 metros lineales de los dos surcos centrales de cada tratamiento en las cuatro repeticiones. Se introdujo el material cosechado en bolsas de papel, debidamente identificadas y fueron resguardadas para ser utilizadas posteriormente en la toma de datos (Figura 19).



Figura 19. Ejemplo de bolsa en donde se introdujo el material cosechado de ambas localidades.

3.8.1 Incidencia de roya (IR)

Se realizó la observación en la etapa de floración (L1: 31 agosto 2019 y L2: 6 de marzo 2020), empleando la escala de *Stubbs et al.* (1986), la cual indica la respuesta, es decir, el tipo de reacción ante la enfermedad en donde: 0= sin infección, R= Resistente (visible clorosis o necrosis con o sin pústulas pequeñas), MR= Moderadamente resistente (pústulas pequeñas rodeadas por áreas necróticas), M= Intermedia (pústulas de tamaño variable, algo de necrosis/clorosis), MS= Moderadamente susceptible (pústulas de tamaño mediano, no hay necrosis, pero sí clorosis), S= Susceptible (pústulas grandes, sin necrosis ni clorosis).

3.8.2 Días a floración (DF)

Se registró el dato tomando en cuenta los días que transcurrieron después de la siembra para alcanzar la etapa de floración, cuando el 50%+1 de las plantas de todas las unidades experimentales tenían las espigas totalmente descubiertas, sobresaliendo de la hoja bandera, revisando que sus anteras estuvieran emergidas de las glumas.

3.8.3 Días a madurez fisiológica (DMF)

Esta variable se determinó contando los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas llegaron a la etapa de madurez fisiológica, la cual se observó cuando las espigas presentaron pedúnculos amarillentos y la consistencia del grano presentó dureza al presionarlo.

3.8.4 Altura de planta (cm) (AP)

Se midió en la etapa de llenado de grano con un flexómetro, seleccionando 10 plantas representativas de cada tratamiento y repetición, desde la superficie del suelo hasta el extremo de la inflorescencia, sin incluir las aristas (barbas) en la medición, registrando el dato hasta el centímetro más cercano.



Figura 20. Medición de altura de planta.

3.8.5 Longitud de espiga (cm) (LE)

Se midió en centímetros con una regla en la fase de madurez fisiológica, seleccionando diez plantas representativas de cada tratamiento y repetición desde la base de la espiga hasta la espiguilla terminal, sin tomar en cuenta las aristas.



Figura 21. Ejemplo de medición de longitud de espiga.

3.8.6 Número de macollos por planta (tallos secundarios o hijuelos) (NMP)

Se seleccionaron cinco plantas representativas en cada parcela para cada uno de los genotipos con competencia completa y por repetición. La medición se realizó cuando la floración superó el 50%.

3.8.7 Número de tallos por parcela (NTM²)

Se contó el número total de tallos en 1 m² cosechado de cada una de las parcelas (36).



Figura 22. Ejemplo de conteo de número de tallos por parcela.

3.8.8 Número de espiguillas por espiga (NEE)

Se contó el número de espiguillas por espiga de cinco espigas representativas por parcela de muestreo.

3.8.9 Número de granos por espiga (NGE)

Utilizando una trilladora experimental, se trillaron cinco espigas representativas que se eligieron de cada parcela experimental y se contó el total de granos de cada una.



Figura 23. Trilladora experimental y toma de datos de número de granos por espiga.

3.8.10 Peso de mil granos (gr) (PMG)

Del grano que se obtuvo al finalizar la trilla de cada parcela de muestreo, se contaron mil semillas y se pesaron en una báscula digital.



Figura 24. Ejemplo de toma de datos de peso de mil granos.

3.8.11 Rendimiento de forraje seco por hectárea (kg ha⁻¹) (RFSH)

El material cosechado de las 36 parcelas de muestreo se pesó en una báscula electrónica y se registró en kg por parcela. Posteriormente se convirtió el dato de rendimiento de forraje seco por parcela de muestreo (1 m²) a rendimiento por hectárea y se expresó en kg ha⁻¹.

3.8.12 Rendimiento de grano por hectárea (kg ha⁻¹) (RGH)

Se trilló el material cosechado de las 36 parcelas de muestreo y se pesaron los granos en una báscula electrónica, registrándose el dato en kg por parcela. Posteriormente se convirtió el dato de rendimiento de grano por parcela de muestreo (1 m²) a rendimiento por hectárea y se expresó en kg ha⁻¹.

3.9 Análisis estadístico

La variable incidencia de roya es fundamentalmente descriptiva y se basó en observaciones. Las variables: DF, DMF, AP, LE, NMP, NTM², NEE, NGE, PMG, RFSH y RGH fueron sometidas a un análisis de varianza mediante el paquete estadístico de Diseños Experimentales Versión 1.7 (Olivares, 2016). La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Incidencia de roya (IR)

En la Localidad 1, las tres variedades no tuvieron incidencia de roya lineal o amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) en todas las parcelas de las cuatro repeticiones, por lo tanto, se clasificaron en dicha zona de estudio como R= Resistentes (áreas necróticas con o sin pústulas pequeñas). Por otro lado, en la Localidad 2 si se observaron plantas con incidencia de la enfermedad, clasificándose la variedad Conatrigo F2015 como MS (moderadamente susceptible) (Figura 25).



Figura 25. Variedad Conatrigo F2015 con incidencia de roya lineal.

Localidad 2. 11 de marzo 2020.

4.2 Días a floración (DF)

El análisis de varianza (Cuadro 1A) indica una diferencia significativa para el factor A en ambas localidades. No se encontró diferencia significativa para el Factor B, ni para

las interacciones (AxB) (Cuadros 2A Y 3A). En la L1 los días a floración oscilaron de 61.0 a 72.5; en la L2 fue diferente, alcanzando dicha etapa de los 80.2 a los 83.5 días. Figueroa-López *et al.* (2011) mencionaron que la variedad Roelfs F2007 recomendada para siembra en el noroeste de México tiene un rango de 68 a 106 días a floración. De acuerdo con Carestía *et al.* (2016) y Miralles (2004) la diferencia en los días a floración se debe a que la temperatura es el principal factor que influye considerablemente en la duración de todas las etapas ontogénicas del cultivo, desde la emergencia hasta la madurez fisiológica. Así, temperaturas más cálidas acelerarán la tasa de desarrollo del cultivo y promoverán, por ejemplo, una floración más temprana comparada con la ocurrencia de temperaturas frescas, tal es el caso de L2, donde el cultivo inicio sus etapas con bajas temperaturas, lo contrario a L1. En ambas localidades la V3 fue más tardía (Figuras 26 y 27).

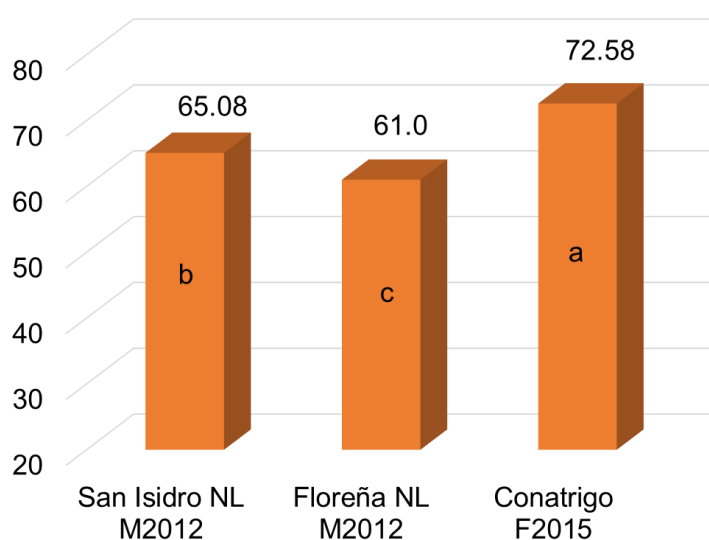


Figura 26. Días a floración. Localidad 1. Efecto simple de variedad.

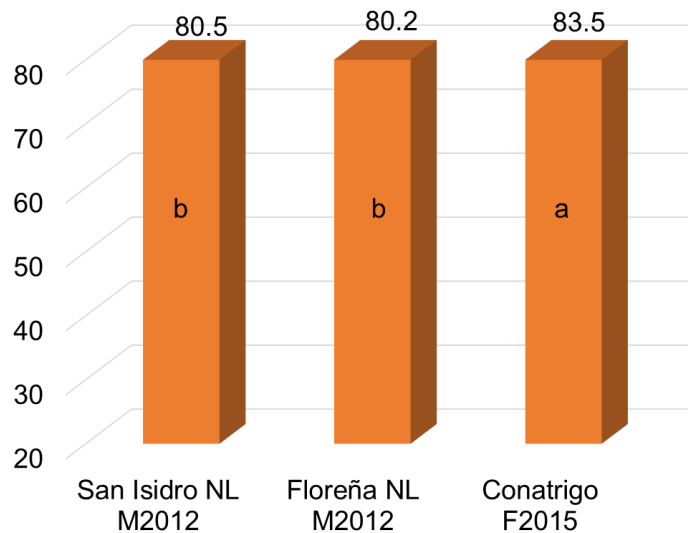


Figura 27. Días a floración. Localidad 2. Efecto simple de variedad.

4.3 Días a madurez fisiológica (DMF)

Se encontró diferencia significativa para el factor A en ambas localidades (Cuadro 1A). No se encontró diferencia significativa para el Factor B, ni para las interacciones (AxB) (Cuadros 4A Y 5A). La V2 fue la más precoz en las dos localidades con medias de 101.0 y 117.2 DMF, respectivamente (Figuras 28 y 29). En un estudio realizado por Velasco *et al.* (2012), la variedad de trigo harinero Tacupeto F2001 posee una media aritmética de 123.75 DMF. Villaseñor *et al.* (2012) mencionaron que la variedad Norteña F2007 con adaptabilidad para siembras de riego en la región norte y el Bajío de México tiene un promedio de 130 DMF. En comparación con el presente estudio, las tres variedades en las dos localidades tuvieron un rango menor de DMF, alcanzando esta etapa en menor cantidad de días, lo cual es importante en la caracterización de las variedades, así como en el manejo específico en ambientes particulares.

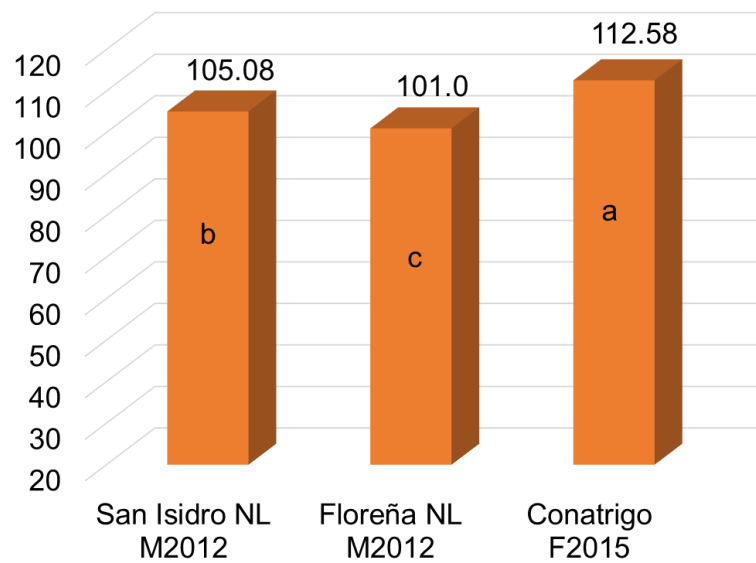


Figura 28. Días a madurez fisiológica. Localidad 1. Efecto simple de variedad.

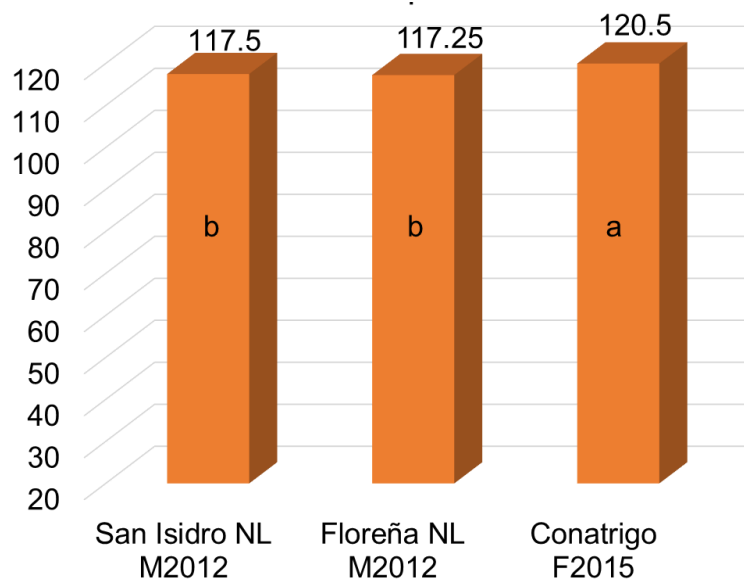


Figura 29. Días a madurez fisiológica. Localidad 2. Efecto simple de variedad.

4.4 Altura de planta (cm) (AP)

En el Cuadro 6A se observa que en la L1 no se encontró diferencia significativa en ningún factor (Figura 30); en la L2 se encontró diferencia significativa en el efecto simple de variedad (Cuadro 7A), siendo V1 y V2 similares en esta característica (Figura 31), encontrándose dentro del rango de lo reportado para la variedad de trigo harinero Roelfs F2007 que oscila entre 90 a 115 cm (Figuroa-López *et al.*, 2011). V1 y V2 en ambas localidades expresan con más estabilidad esta característica mientras que V3 expresa este rasgo con diferencias entre localidades, siendo siempre la de menor porte (Figuras 32 y 33). Estos resultados concuerdan con Hussain *et al.* (2001) quienes informaron que la densidad de siembra en su estudio no tuvo un efecto significativo en la altura de la planta.

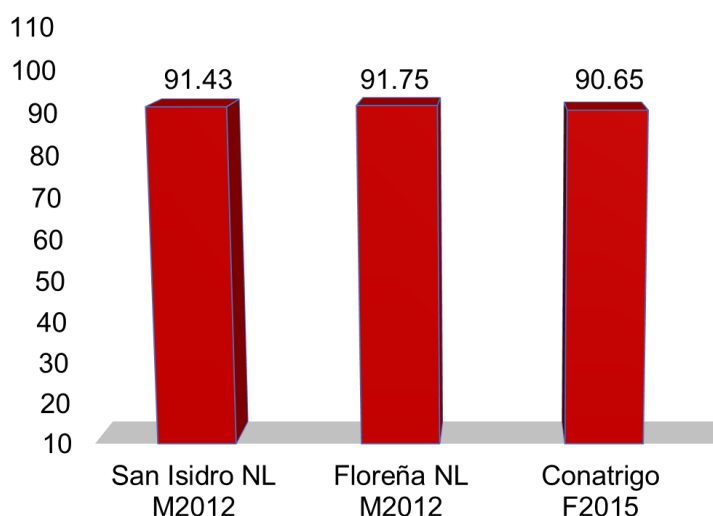


Figura 30. Altura de planta (cm). Localidad 1. Efecto simple de variedad.

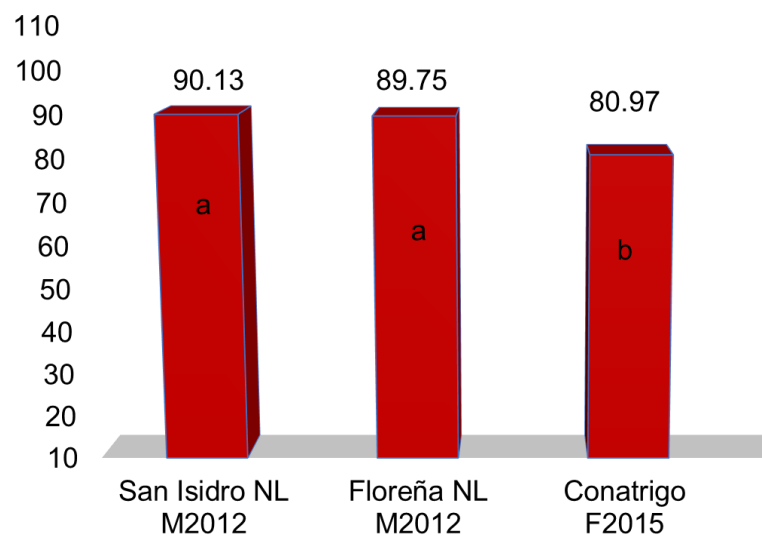


Figura 31. Altura de planta (cm). Localidad 2. Efecto simple de variedad.

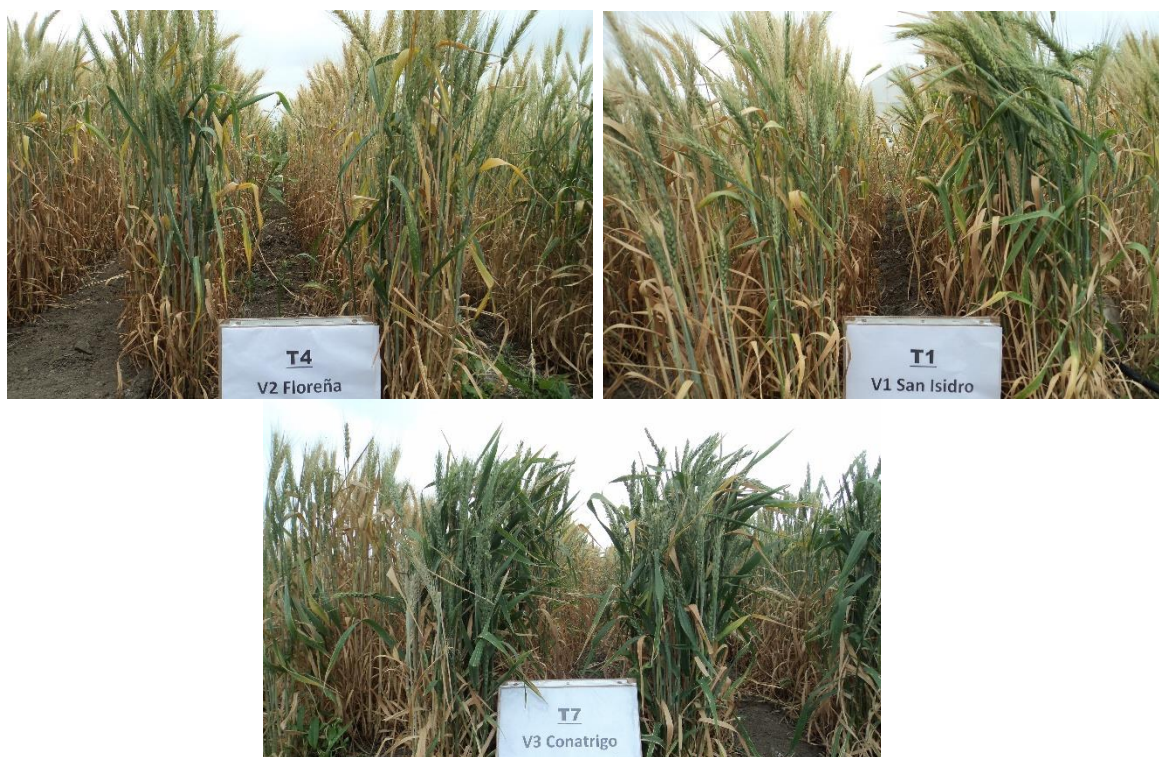


Figura 32. Alturas de planta en Localidad 2.



Figura 33. Comparación de altura de planta de variedad Floreña NL M2012 vs. variedad Monarca F2007 (testigo regional). Localidad 1.

4.5 Longitud de espiga (cm) (LE)

Se encontró diferencia significativa para el factor A, solamente en la Localidad 1 (Cuadro 8A). No se encontró diferencia significativa para el Factor B, ni para las interacciones (AxB), en ninguno de los casos (Cuadro 1A). La descripción de las variedades San Isidro NL M2012 y Floreña NL M2012 realizada por el Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano en el 2012, mejorador de las mismas y quien las registró en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), incluye que la LE promedio es de 7.5 y 9.5 cm respectivamente. Naveed *et al.* (2014) incluyeron en su estudio que las espigas de mayor longitud fueron resultado de la utilización de la densidad de siembra más baja (100 kg ha^{-1}) posiblemente debido a la disponibilidad óptima de nutrientes que

permitieron a las plantas llevar a cabo efectivamente la fotosíntesis y, por lo tanto, se produjo una mayor asimilación que finalmente aumentó la longitud de las espigas.



Figura 34. Longitudes de espiga de las tres variedades bajo estudio en dos ambientes (L1 y L2, respectivamente).

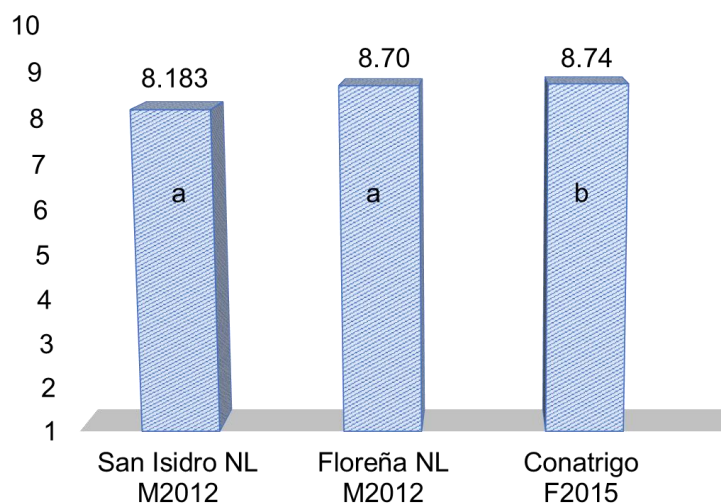


Figura 35. Longitud de espiga (cm). Localidad 1. Efecto simple de variedad.

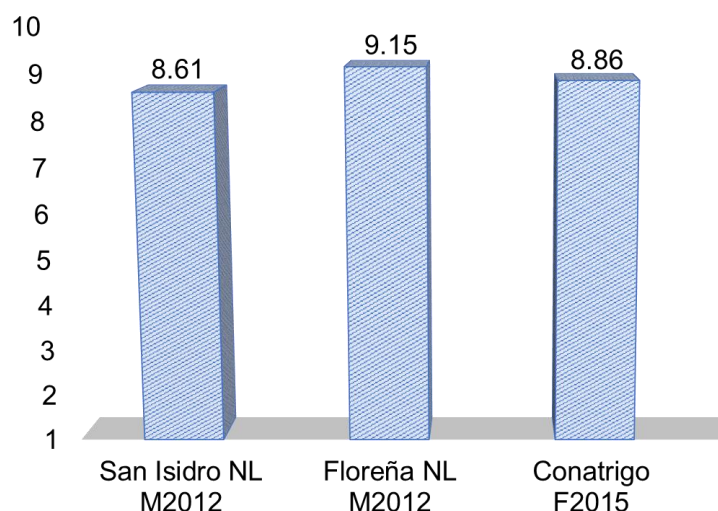


Figura 36. Longitud de espiga (cm). Localidad 2. Efecto simple de variedad.

4.6 Número de macollos por planta (tallos secundarios o hijuelos) (NMP)

No se encontró diferencia significativa para ninguno de los factores en las dos localidades (Cuadros 10A y 11A). Ajmal *et al.* (2009) mencionaron que esta característica junto con el número de granos por espiga y el rendimiento de grano por planta muestran una alta heredabilidad, lo que indica la posibilidad de una selección efectiva de estos rasgos para mejorar el rendimiento de grano en estudios posteriores. En ambas localidades, V2 tuvo una mayor cantidad de tallos secundarios.

4.7 Número de tallos por parcela (NTM²)

En la L1 no se encontró diferencia significativa para ninguno de los factores (Cuadro 12A); en L2 el caso fue diferente, pues se encontró diferencia significativa en el factor B (Cuadro 13A), resultando estadísticamente iguales las medias de la D2 (310.5) y D3 (327.5) (120 y 160 kg de semilla ha⁻¹, respectivamente). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Naveed *et al.* (2014) quienes demostraron que el número de

tallos por m² se vio significativamente afectado ($p < 0.05$) por distintas densidades de siembra, siendo la densidad más alta (en su caso, 220 kg ha⁻¹) en donde el número de tallos por m² (287.3) fue mayor en comparación con densidades más bajas. Es importante conocer este dato, pues el conjunto de tallos tiene un relevante papel en la compensación de la diferencia en el número de plantas, lo que puede permitir una recuperación del cultivo en caso de una helada temprana (Acevedo *et al.*, 1998). En el presente estudio, V1 obtuvo el mayor número de tallos por m² en las dos localidades.

4.8 Número de espiguillas por espiga (NEE)

En la L1 no se encontró diferencia significativa para ninguno de los factores ni sus interacciones (AxB) (Cuadro 14A); en L2 el caso fue diferente, pues se encontró diferencia significativa en el factor A (Cuadro 15A), resultando estadísticamente iguales las medias de la V1 (16.41) y V2 (16.3). Arduini *et al.* (2006), encontraron en su estudio significancia estadística para este factor, utilizando tres densidades de siembra (200, 250 y 400 semillas por m²), resultando medias estadísticamente iguales del el número de espiguillas por espiga en las tres densidades (20.15, 20.4 y 20.2) pero con diferencias entre el factor siempre de variedades.

4.9 Número de granos por espiga (NGE)

Los resultados obtenidos en el análisis estadístico (Cuadros 16A y 17A) muestran que en la L1 no se encontró diferencia significativa para el factor simple de variedad ni para las interacciones, sin embargo, si hubo diferencia significativa para el factor simple de densidad, indicando que son estadísticamente iguales las medias de las tres densidades: 35.7 (D1), 32.5 (D2), 35.1 (D3). Arduini *et al.* (2006) reportaron en su

estudio que la cantidad de granos por espiga disminuyó con el aumento de la densidad de siembra de (30 a 26). En la L2 se encontró diferencia significativa en el factor simple de variedad, resultando estadísticamente iguales las medias resultantes de las variedades San Isidro NL M2012 y Floreña NL M2012 (35.9 y 38.8, respectivamente). No se encontraron diferencias para el factor simple de densidad, ni para las interacciones. Arduini *et al.* (2006), encontraron que, con el uso de las densidades baja y media, se obtuvieron los datos más altos de número de granos por espiga.

Díaz-Zorita *et al.* (2002), indicaron que mejores condiciones de crecimiento inicial en el cultivo, conducen en promedio a una mayor producción de espigas y por lo tanto a aumentos en el número de granos. En ambas localidades del presente estudio, a pesar de que las condiciones climáticas fueron mas favorables para el desarrollo del cultivo en la L1, no hay evidencia que demuestre que se produjeron significativamente mayor cantidad de granos por espiga debido a las condiciones de crecimiento.

4.10 Peso de mil granos (gr) (PMG)

El análisis de varianza (Cuadros 18A y 19A) indica que no existe significancia estadística con respecto a los efectos simples ni con las interacciones, en ninguna de las localidades.

4.11 Rendimiento de forraje seco por hectárea (kg ha⁻¹) (RFSH)

No se encontró diferencia significativa para ninguno de los factores en las dos localidades (Cuadros 20A y 21A). Sin embargo, para el efecto simple de densidad, los resultados muestran la tendencia de que en L1, con la D2 se obtuvo mayor rendimiento de forraje por hectárea (Figura 37). Lozano *et al.* (2002) atribuyen este comportamiento

a una mayor respuesta productiva a bajas y medianas densidades de siembra, debido a que este factor influye en la competencia entre plantas, provocando que su tamaño y principalmente su peso disminuya conforme aumenta el número de plantas, reduciendo el rendimiento. En L2 se observa la tendencia de obtener mayor producción de materia seca con la utilización de la densidad de siembra más alta, similar a lo reportado por Naveed *et al.* (2014). Darapuneni *et al.* (2016) también encontraron que las distintas densidades de siembra no influyeron en el rendimiento de forraje seco, recomendando incluso densidades bajas a medias sin comprometer el potencial de rendimiento de materia seca.

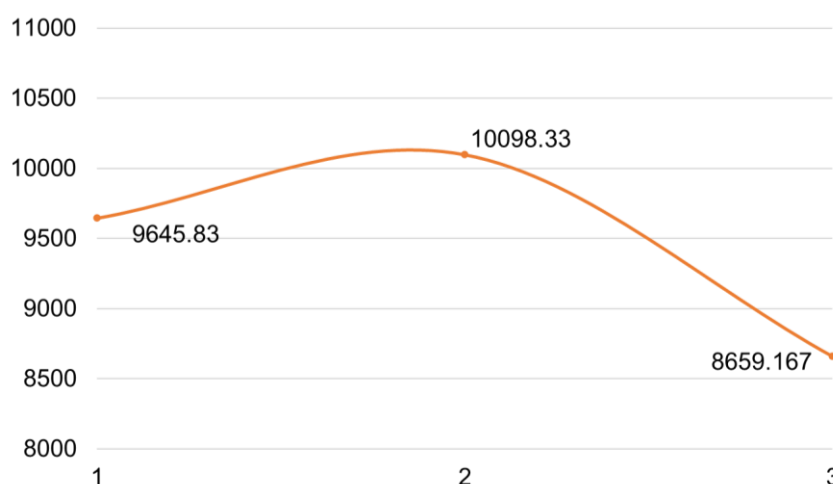


Figura 37. Tendencia del rendimiento de forraje seco por hectárea (kg ha^{-1}). Efecto simple: Densidad. Localidad 1.

4.12 Rendimiento de grano por hectárea (kg ha^{-1}) (RGH)

Únicamente se encontró diferencia significativa para el factor B, en la Localidad 1 (Cuadro 22A), lo que indica que se puede obtener un rendimiento de grano similar con la utilización de densidades de siembra bajas a medias (80 a 120 kg ha^{-1}) (Figura 38),

incluso en L2 a pesar de no haber diferencia significativa (Cuadro 23A) para esta variable, las medias muestran que el mayor rendimiento de grano obtenido fue con la densidad más baja (D1).

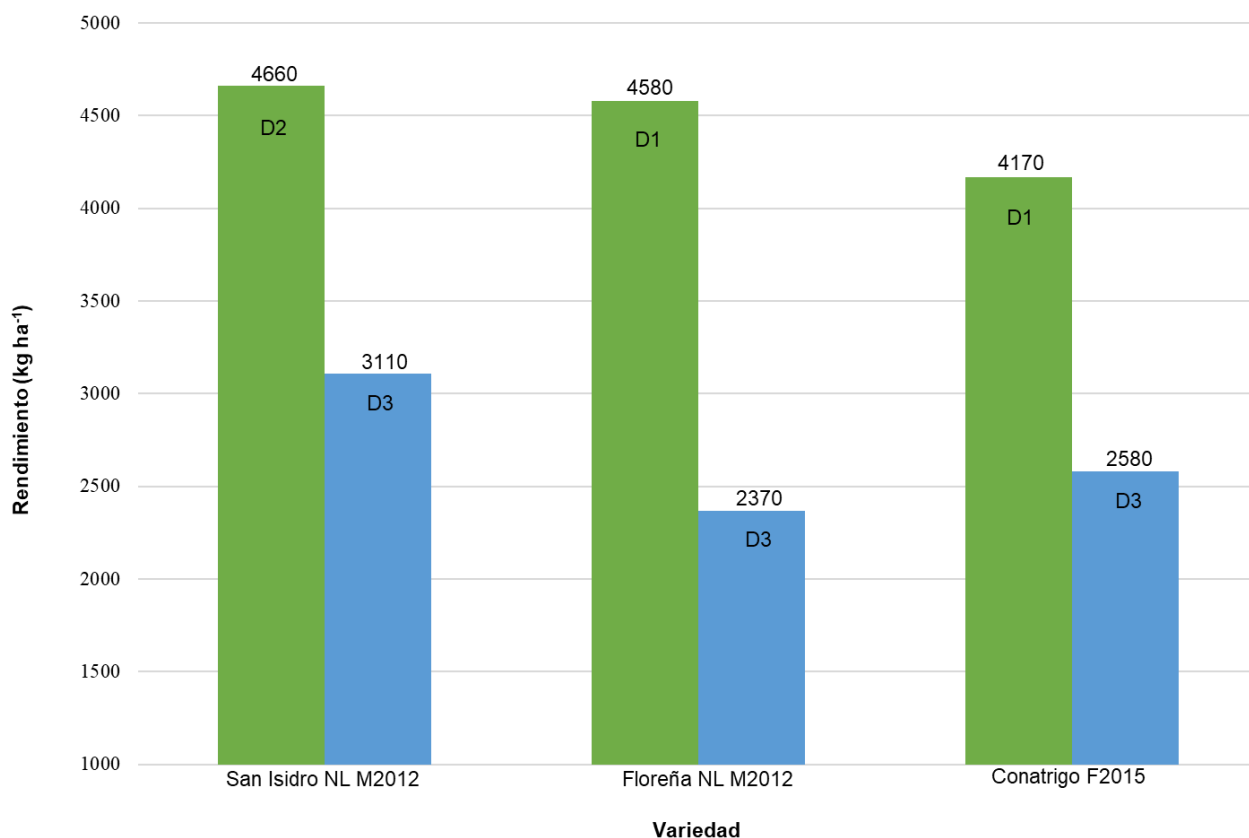


Figura 38. Valores máximos y mínimos de rendimiento de grano por hectárea (kg ha⁻¹). Localidad 1.

Beres *et al.* (2011) mencionaron que, en el cultivo de trigo, el rendimiento de grano resulta una curva de respuesta parabólica, que alcanza rápidamente un rendimiento máximo seguido de un descenso en altas densidades. Lo anterior contrasta con lo encontrado por Naveed *et al.* (2014), pues en su estudio, el aumento en la densidad de siembra fue proporcional al rendimiento de grano, obteniendo el máximo rendimiento utilizando la densidad de siembra más alta.

5. CONCLUSIONES

Para la Localidad 1 (La Ascensión, Aramberri, N. L.)

- Efecto simple variedad (A).- Las variables agronómicas que mostraron diferencias estadísticas significativas fueron: días a floración, días a madurez fisiológica y longitud de espiga, donde la variedad Conatrigo F 2015, fue la que obtuvo los resultados más sobresalientes con sus valores numéricos, en dichas variables.
- Efecto simple densidad de siembra (B).- La variable que presento diferencia significativa fue rendimiento de grano por hectárea, donde la densidad media (120 kg ha^{-1}) presento los mayores valores numéricos.

Para la Localidad 2 (Marín, N. L.)

- Efecto simple variedad (A).- Las variables agronómicas que mostraron diferencias estadísticas significativas fueron: días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta, número de espiguillas por espiga y número de granos por espiga, donde la variedad Conatrigo F2015, fue la que mostro ser más sobresaliente en sus valores numéricos en variables relacionadas con el ciclo de vida de la planta (días a floración y días a madurez fisiológica). Pero en variables relacionadas con los componentes numéricos del rendimiento de grano y forraje (altura de planta, número de espiguillas por espiga y número de granos por espiga) la variedad San Isidro NL M2012 fue la más sobresaliente.

- Efecto simple densidad de siembra (B).- la variable número de tallos por m² presento diferencias significativas, siendo la densidad alta (160 kg ha⁻¹) la que obtuvo los valores numéricos más sobresalientes.

La variable agronómica rendimiento de grano por hectárea es la más importante desde el punto de vista económico y en la localidad de La Ascensión, en Aramberri, N. L. fue donde alcanzo los mayores valores numéricos con la variedad San Isidro NL M2012 alcanzando rendimientos promedio de 3,691.6 kg ha⁻¹ y con las densidades de siembra de 80 y 120 kg ha⁻¹, resultando las medias de ambas densidades estadísticamente iguales, por lo que la densidad a utilizar deberá ser la de valor más bajo.

El presente estudio es un precedente de utilidad para la caracterización de las variedades de trigo en distintas zonas del Estado de Nuevo León.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer un análisis combinado de ambas localidades, para encontrar el principio que unifique o permita ordenar el gran número de resultados aparentemente dispersos, pero que guardan relación, en este caso, la relación de la densidad – ambiente – variedad. Es decir, encontrar el número posible de combinaciones o interacciones entre densidades, variedades y ambiente.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, E., H. Silva and P. Silva. (1998). Tendencias actuales de la investigación de la resistencia al estrés hídrico de las plantas cultivadas. Boletín Técnico Estación perimental Agronómica, 49 : 1-28.
- Aguirre C., J.E. (1975) Programa analítico de la materia de Edafología. Facultad de Agronomía, UANL. México.
- Ajmal, S.U., N. Zakir and M.Y. Mujahid. (2009). Estimation of genetic parameters and character association in wheat. J. Agric. Biol. Sci., 1: 15–18.
- Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L., Mariotti, M. (2006). Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. Eur. J. Agron. 25, 309–318.
- Argentel, L., González, L. M. y Plana, R. (2006). Respuesta de doce variedades de trigo a la salinidad en las etapas iniciales del crecimiento. Cultivos Tropicales, 27(3), 41-44.
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1976). Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, FAO. Rome: United Nations.
- Beres, B.L., H.A. Carcamo, R.C. Yang, and D.M. Spaner. (2011). Integrating spring wheat sowing density with variety selection to manage wheat stem sawfly. Agronomy Journal 103(6), 1755–1764.

Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo (2020). Morfología de la planta.

México. Recuperado de:

<https://sites.google.com/a/canimolt.org/prueba/trigo/morfologia>

Carestía, G., Escudero, L., Fraschina, J., Gómez, D. (2016). Efecto de la fecha de espigazón sobre el rendimiento y sus componentes en distintas especies de cereales invernales. Informe de actualización técnica en línea No. 7. pp: 34-38. INTA. Argentina.

Carrera Morales, M. y Mateo Box, J. M. (2005). Prontuario de agricultura: Cultivos agrícolas. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. pp: 87-105.

Carter, D.L. (1981). Salinity and plant productivity. 235 pp. Handbook Series in Nutrition and Food. CHEM. Rubber Co.

Darapuneni, M. K., Morgan, G. D., Shaffer, O. J., & Dodla, S. (2016). Impact of Planting Date and Seeding Rate on Forage and Grain Yields of Dual-Purpose Wheat in Central Texas. Crop, Forage & Turfgrass Management, 2(1).

Divito, G. A. y García, F. O. (2017). Manual del cultivo de trigo. 1a ed. Acassuso: International Plant Nutrition Institute. 224 p.

Faris, D.G., and R.M. DePauw. (1980). Effect of seeding rate on growth and yield of three spring wheat cultivars. Field Crop. Res. 3, 289–301.

Figuerola-López, P., Fuentes-Dávila, G., Valenzuela-Herrera, V., Chávez-Villalba, G., Félix-Fuentes, J., y Mendoza-Lugo, J. (2011). Roelfs F2007, nueva variedad de trigo harinero para el noroeste de México. Revista Fitotecnia Mexicana, 34(3), 221-223.

- French, R.J. y Schultz, J.E. (1984). Water use efficiency of wheat in a Mediterranean-type environment. I. The relation between yield, water use and climate. Australian Journal Agricultural Research 35, 743-764.
- Gadea, M. (1954). Trigos españoles. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. 451 pp.
- Hanson H., Borlaug N.E, Anderson R.G (1985).Trigo en el tercer mundo. El Batán, México. CIMMYT. D.F. 166 pp.
- Harinera Beleño S.A de C.V. (2013). Estructura de un grano de trigo. México. Recuperado de: <https://www.beleno.com.mx/blogarticulo.php?ard=22&atl=5>
- Huerta E J, R P Singh (2000). Las royas del trigo. En: El Trigo de Temporal en México. H.E. Villaseñor y E. Espitia R. (eds). Libro Técnico No. 1. Chapingo, Edo. de México. SAGAR, INIFAP, CIRCE, CEVAMEX.
- Imwinkelried, J. M.; F. D. Fava y E. V. Trumper (2004). Pulgones que atacan al cultivo de trigo. INTA. EEA. Manfredi. Boletín N° 7. 6 p.
- Imwinkelried J. M. y Frana J. (1982). Plagas animales y su control. En: Consideraciones sobre el cultivo del trigo en la subregión ecológica I. Publicación Miscelánea N° 9. INTA, E. E. A. Rafaela y M.A.G de la Provincia de Santa Fe.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2017). Anuario Estadístico y Geográfico de Nuevo León. Recuperado de: http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/NL_ANUARIO_PDF.pdf

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (2017). Agenda Técnica Agrícola de Nuevo León. México. 128 p.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) (2009). Enciclopedia de los Municipios de México: Estado de Nuevo León: Marín. Recuperado de: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM19nuevoleon/municipios/19034a.html>

Johnson, V.A. and Mattern, P.J. (1987). Wheat, Rye, and Triticale. Nutritional Quality of Cereal Grains: Genetic and Agronomic Improvement. Monograph No. 28, 133-182.

Kabesh, M. O., M. F. El-kramany, G. A. Sary, H. M. El-Naggar and S. H. B. Gehan. (2009). Effects of sowing methods and some bio-organic fertilization treatments on yield and yield components of wheat. Res. J. Agr. Biol. Sci. 5, 97-102.

Large, E. C. (1954). Growth stages in cereals-illustration of the Feekes scale. Plant Pathology, 3, 128-129.

Leal, J. (2012). Estudio climático de dos invernaderos en el estado de Nuevo León, México. Ciencia UANL, Año 15, No. 58, Abril – Junio.

Lloveras, J., J. Manent, J. Viudas, A. Lopez, and P. Santiveri (2004). Seeding rate influence on yield and yield components of irrigated winter wheat in a Mediterranean climate. Agronomy Journal 96(5), 1258–1265.

Lozano, A., Rodríguez, E., Díaz, J., Fuentes J., y Fernández, V. (2002). Producción de forraje y calidad nutritiva en mezclas de triticale (X Triticosecale Wittmack) y

ballico anual (*Lolium multiflorum* L.) en Navidad, N.L. Resultados de la investigación 2001. UAAAN Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

Miralles, Daniel J. (2004). Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de Trigo. Recuperado de http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/101/trigo2004_n1.pdf

Naveed, K., M.A. Khan, M.S. Baloch, K. Ali, M.A. Nadim, E.A. Khan, S. Shah and M. Arif. (2014). Effect of different seeding rates on yield attributes of dual-purpose wheat. *Sarhad J. Agric.*, 30(1): 83-91.

Ney, B., Bancal, M.O., Bancal, P., Bingham, I. J., Foulkes, J., Gouache, D., Paveley, N., Smith, J. (2013). Crop architecture and crop tolerance to fungal diseases and insect herbivory. Mechanisms to limit crop losses. *Eur J Plant Pathol* 135:561–580.

Olivares Sáenz, E. (2016). Paquete computacional de Diseños Experimentales Versión 1.7. México, s.p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020). Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales. Los mercados de cereales seguirán estando bien abastecidos en 2020/21. Octubre 2020. Recuperado de: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (1993). Harvesting Nature's Diversity: World Food Day, 16 October. Biodiversity to nurture people. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/v1430e/V1430E00.htm#TOC>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Roma. 511 p.
- Park, S., Benjamin, L., and Watkinson, A. (2003). The theory and application of plant competition models: an agronomic perspective. *Annals of Botany* 92, 471–478.
- Parsons, D. B. (1989). Trigo, cebada, avena. Basado en el trabajo de David B. Parsons; con la colab. de J. R. Mondoñedo et al. Manuales para educación agropecuaria. Área: producción vegetal. 2ª. ed. Trillas. SEP. México. Reimp. 2004.
- Passioura, J.B. y Angus, J.F. (2010). Improving productivity of crops in water-limited environments. *Advances in Agronomy* 106, 37 -75.
- Prescott, J.M., Burnett, P.A., Saari, E.E. (1986). Enfermedades y plagas del trigo: una guía para su identificación en el campo. CIMMYT. México, D.F., México. 135 p.
- Rodríguez F. H. y Rodríguez A. J. (2002). Métodos de análisis de suelos y plantas: criterios de interpretación. Trillas. México. 1ª. Ed.196 pp.
- Sadras, V.O. y Angus, J.F. (2006). Benchmarking water-use efficiency of rainfed wheat in dry environments. *Australian Journal Agricultural Research* 57, 847-856.
- Satorre, M. H. (1999). Plant density and distribution as modifiers of growth and yield. In: Satorre, E. H., and G. A. Slafer (eds). *Wheat Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Products Press, Binghamton, N. Y. pp: 141-154.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2019). Expectativas Agroalimentarias: 2019. México. Recuperado de:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/458242/Expectativas_Abril_2019_compressed.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2018). Atlas Agroalimentario 2012-2018. México. Recuperado de: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2019). Panorama Agroalimentario 2019. Primera Ed. México. 216 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2019). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola: Año Agrícola 2019. Estado de Nuevo León: Trigo grano. Recuperado de: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2019). Atlas Agroalimentario 2019. México. Recuperado de: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2019/Atlas-Agroalimentario-2019

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). Números del campo: Principales países productores de trigo grano 2017-2018. Recuperado de: <http://www.numerosdelcampo.sagarpa.gob.mx/mapasTablero/principalesProductoresTrigoC.php>

- Soomro, U. A., M. U. Rahman, E. A. Odhano, S. Gul, and A. Tareen (2009). Effects of sowing method and seed rate on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum*). *World J. Agr. Sci.* 5: 159-162.
- Stubbs, R.W., J.M. Prescott, E.E. Saari y H.J. Dubin. (1986). Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) México.
- Turner, N.C. (1997). Further progress in crop water relations. *Advances in Agronomy* 58, 293-338.
- Van Den Boogaard, R., E.J. Veneklaas, J.M. Peacock, and H. Lambers. (1996). Yield and water use of wheat (*Triticum aestivum*) in a Mediterranean environment: Cultivar differences and sowing density effects. *Plant Soil* 181, 251–262.
- Velasco, J., Pérez, D., Rajaram, S., Balbuena, A., Albarrán, M., y González, A. (2012). Análisis de 20 genotipos de trigo harinero en el Valle del Yaqui, Sonora. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(8), 1521-1534.
- Villaseñor, H.E., Huerta, J., Solís, E., Espitia, E., Ireta, J., y Galván, R. (2012). Norteña F2007, nueva variedad de trigo para siembras de riego en la región norte y El Bajío de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(1):207-2012.
- Wiersma. J.J. (2002). Determining an optimum seeding rate for spring wheat in Northwest Minnesota. *Crop Management* 18,1-7.

8. APÉNDICE

Cuadro 1A. Resumen de resultados de variables agronómicas considerando ambos factores de estudio (A= variedad; B= densidad) en dos localidades.

Localidad	Variable	DF	DMF	AP	LE	NMP	NTM ²
La Ascensión, N.L. Jun-Oct 2019	Factor A	Medias					
		V3 72.58 a	V3 112.58 a	V1 91.43	V3 8.74 a	V1 2.66	V1 341.91
		V1 65.08 b	V1 105.08 b	V2 91.75	V2 8.70 a	V2 2.91	V2 306.08
	Factor B	V2 61.00 c	V2 101.00 c	V3 90.65	V1 8.18 b	V3 2.59	V3 322.16
		D1 65.50	D1 105.50	D1 91.09	D1 8.64	D1 2.60	D1 329.25
		D2 66.25	D2 106.25	D2 91.15	D2 8.55	D2 2.75	D2 324.41
		D3 66.91	D3 106.91	D3 91.60	D3 8.43	D3 2.81	D3 316.50
Marín, N.L. Dic 2019-Abr 2020	Factor A	V3 83.50 a	V3 120.50 a	V1 90.13 a	V1 8.61	V1 3.00	V1 327.33
		V1 80.50 b	V1 117.50 b	V2 89.75 a	V2 9.15	V2 3.05	V2 298.16
		V2 80.25 b	V2 117.25 b	V3 80.97 b	V3 8.86	V3 2.81	V3 294.66
	Factor B	D1 81.66	D1 118.66	D1 87.00	D1 9.07	D1 2.93	D3 327.50 a
		D2 81.25	D2 118.25	D2 87.30	D2 8.85	D2 3.01	D2 310.50 ab
		D3 81.33	D3 118.33	D3 86.54	D3 8.70	D3 2.91	D1 282.16 b

*DF(días); DMF(días); AP(cm); LE(cm); NMP(macollos); NTM²(tallos).

Continuación Cuadro 1A.

Localidad	Variable	NEE	NGE	PMG	RFSH	RGH
La Ascensión, N.L. Jun-Oct 2019	Factor A	Medias				
		V1 16.00	V1 34.983	V1 0.042	V1 9408.33	V1 3691.66
		V2 15.533	V2 36.100	V2 0.041	V2 8895.83	V2 3547.50
	Factor B	V3 15.675	V3 32.333	V3 0.038	V3 10099.16	V3 3100.00
		D1 15.833	D1 35.767 a	D1 0.040	D1 9645.83	D2 3631.66 a
		D2 15.800	D3 35.133 a	D2 0.039	D2 10098.33	D1 3620.83 a
		D3 15.575	D2 32.517 a	D3 0.041	D3 8659.16	D3 3086.66 b
Marín, N.L. Dic 2019-Abr 2020	Factor A	V1 16.417 a	V2 38.883 a	V1 0.033	V1 6641.66	V1 2285.00
		V2 16.30 a	V1 35.950 a	V2 0.033	V2 6850.83	V2 2390.00
		V3 15.017 b	V3 28.850 b	V3 0.032	V3 7210.00	V3 2490.83
	Factor B	D1 16.233	D1 36.517	D1 0.032	D1 6813.33	D1 2453.33
		D2 15.867	D2 33.567	D2 0.033	D2 6762.50	D2 2304.16
		D3 15.633	D3 33.60	D3 0.033	D3 7126.66	D3 2408.33

*NEE(espiguillas); NGE(granos); PMG(gr); RFSH(kg); RGH(kg).

*La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 2A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Días a floración (Localidad 1).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	9.333	3.111	10.182	0.009
Factor A	2	828.389	414.194	1355.545	0.000
Error A	6	1.833	0.306		
Factor B	2	12.056	6.028	3.160	0.067
A x B	4	2.278	0.569	0.299	0.875
Error B	18	34.333	1.907		
Total	35	888.222			

A	Media	0.05
3	72.583	a
1	65.083	b
2	61.000	c
Tuk	0.693	

B	Media
1	65.500
2	66.250
3	66.917

AxB	Media
1 1	64.500
1 2	64.750
1 3	66.000
2 1	60.500
2 2	61.000
2 3	61.500
3 1	71.500
3 2	73.000
3 3	73.250

Cuadro 3A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Días a floración (Localidad 2).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	9.417	3.139	2.511	0.155
Factor A	2	78.500	39.250	31.400	0.001
Error A	6	7.500	1.250		
Factor B	2	1.167	0.583	1.658	0.218
A x B	4	1.833	0.458	1.303	0.306
Error B	18	6.333	0.352		
Total	35	104.750			

A	Media	0.05
3	83.500	a
1	80.500	b
2	80.250	b
Tuk	1.401	

B	Media
1	81.667
2	81.250
3	81.333

AxB	Media
1 1	80.500
1 2	80.250
1 3	80.750
2 1	80.750
2 2	80.250
2 3	79.750
3 1	83.750
3 2	83.250
3 3	83.500

Cuadro 4A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Días a madurez fisiológica (Localidad 1).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	9.333	3.111	10.182	0.009
Factor A	2	828.389	414.194	1355.545	0.000
Error A	6	1.833	0.306		
Factor B	2	12.056	6.028	3.160	0.067
A x B	4	2.278	0.569	0.299	0.875
Error B	18	34.333	1.907		
Total	35	888.222			

A	Media	0.05
3	112.583	a
1	105.083	b
2	101.000	c
Tuk	0.693	

B	Media
1	105.500
2	106.250
3	106.917

AxB	Media
1 1	104.500
1 2	104.750
1 3	106.000
2 1	100.500
2 2	101.000
2 3	101.500
3 1	111.500
3 2	113.000
3 3	113.250

Cuadro 5A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Días a madurez fisiológica (Localidad 2).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	9.417	3.139	2.511	0.155
Factor A	2	78.500	39.250	31.400	0.001
Error A	6	7.500	1.250		
Factor B	2	1.167	0.583	1.658	0.218
A x B	4	1.833	0.458	1.303	0.306
Error B	18	6.333	0.352		
Total	35	104.750			

A	Media	0.05
3	120.500	a
1	117.500	b
2	117.250	b
Tuk	1.401	

B	Media
1	118.667
2	118.250
3	118.333

AxB	Media
1 1	117.500
1 2	117.250
1 3	117.750
2 1	117.750
2 2	117.250
2 3	116.750
3 1	120.750
3 2	120.250
3 3	120.500

Cuadro 6A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Altura de planta (Localidad 1).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	181.621	60.540	2.310	0.176
Factor A	2	7.665	3.833	0.146	0.867
Error A	6	157.237	26.206		
Factor B	2	1.922	0.961	0.384	0.687
A x B	4	10.498	2.625	1.048	0.410
Error B	18	45.087	2.505		
Total	35	404.030			

A	Media
1	91.433
2	91.758
3	90.658

B	Media
1	91.092
2	91.150
3	91.608

AxB	Media
1 1	91.050
1 2	91.800
1 3	91.450
2 1	92.125
2 2	90.550
2 3	92.600
3 1	90.100
3 2	91.100
3 3	90.775

Cuadro 7A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Altura de planta (Localidad 2).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	545.176	181.725	8.119	0.016
Factor A	2	644.091	322.045	14.389	0.005
Error A	6	134.289	22.382		
Factor B	2	3.582	1.791	0.211	0.811
A x B	4	27.014	6.754	0.797	0.543
Error B	18	152.537	8.474		
Total	35	1506.690			

A	Media	0.05
1	90.133	a
2	89.750	a
3	80.975	b
Tuk	5.927	

B	Media
1	87.008
2	87.308
3	86.542

AxB	Media
1 1	90.475
1 2	91.650
1 3	88.275
2 1	89.800
2 2	90.050
2 3	89.400
3 1	80.750
3 2	80.225
3 3	81.950

Cuadro 8A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Longitud de espiga (Localidad 1).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	2.816	0.939	6.959	0.022
Factor A	2	2.322	1.161	8.605	0.017
Error A	6	0.809	0.135		
Factor B	2	0.262	0.131	0.609	0.555
A x B	4	0.212	0.053	0.246	0.908
Error B	18	3.867	0.215		
Total	35	10.288			

A	Media	0.05
3	8.742	a
2	8.700	a
1	8.183	b
Tuk	0.460	

B	Media
1	8.642
2	8.550
3	8.433

AxB	Media
1 1	8.325
1 2	8.100
1 3	8.125
2 1	8.850
2 2	8.650
2 3	8.600
3 1	8.750
3 2	8.900
3 3	8.575

Cuadro 9A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Longitud de espiga (Localidad 2).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	1.096	0.365	1.638	0.278
Factor A	2	1.709	0.854	3.832	0.085
Error A	6	1.338	0.223		
Factor B	2	0.851	0.425	1.224	0.317
A x B	4	0.778	0.194	0.560	0.695
Error B	18	6.252	0.347		
Total	35	12.022			

A	Media
1	8.617
2	9.150
3	8.867

B	Media
1	9.075
2	8.858
3	8.700

AxB	Media
1 1	8.900
1 2	8.750
1 3	8.200
2 1	9.400
2 2	9.100
2 3	8.950
3 1	8.925
3 2	8.725
3 3	8.950

Cuadro 10A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Número de macollos por planta (Localidad 1).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	1.496	0.499	5.256	0.041
Factor A	2	0.695	0.347	3.661	0.091
Error A	6	0.569	0.095		
Factor B	2	0.302	0.151	0.936	0.411
A x B	4	0.683	0.171	1.060	0.405
Error B	18	2.902	0.161		
Total	35	6.647			

A	Media
1	2.667
2	2.917
3	2.592

B	Media
1	2.600
2	2.758
3	2.817

AxB	Media
1 1	2.450
1 2	2.750
1 3	2.800
2 1	2.950
2 2	2.700
2 3	3.100
3 1	2.400
3 2	2.825
3 3	2.550

Cuadro 11A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Número de macollos por planta (Localidad 2).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	0.338	0.113	0.351	0.790
Factor A	2	0.362	0.181	0.565	0.596
Error A	6	1.922	0.320		
Factor B	2	0.069	0.034	0.484	0.624
A x B	4	0.358	0.089	1.258	0.323
Error B	18	1.280	0.071		
Total	35	4.329			

A	Media
1	3.000
2	3.050
3	2.817

B	Media
1	2.933
2	3.017
3	2.917

AxB	Media
1 1	3.000
1 2	3.000
1 3	3.000
2 1	2.900
2 2	3.100
2 3	3.150
3 1	2.900
3 2	2.950
3 3	2.600

Cuadro 12A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Número de tallos por m² (Localidad 1).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	12159.444	4053.148	2.624	0.145
Factor A	2	7731.056	3865.528	2.503	0.162
Error A	6	9266.722	1544.454		
Factor B	2	994.389	497.194	0.264	0.771
A x B	4	14952.611	3738.153	1.983	0.140
Error B	18	33924.333	1884.685		
Total	35	79028.556			

A	Media
1	341.917
2	306.083
3	322.167

B	Media
1	329.250
2	324.417
3	316.500

AxB	Media
1 1	366.750
1 2	328.250
1 3	330.750
2 1	295.250
2 2	344.000
2 3	279.000
3 1	325.750
3 2	301.000
3 3	339.750

Cuadro 13A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Número de tallos por m² (Localidad 2).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	10925.000	3641.667	4.442	0.057
Factor A	2	7720.222	3860.111	4.708	0.059
Error A	6	4919.333	819.889		
Factor B	2	12587.556	6293.778	5.096	0.018
A x B	4	4121.444	1030.361	0.834	0.521
Error B	18	22229.667	1234.981		
Total	35	62503.222			

A	Media
1	327.333
2	298.167
3	294.667

B	Media	0.05
3	327.500	a
2	310.500	ab
1	282.167	b
Tuk	36.622	

AxB	Media
1 1	306.500
1 2	315.500
1 3	360.000
2 1	265.750
2 2	303.750
2 3	325.000
3 1	274.250
3 2	312.250
3 3	297.500

Cuadro 14A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Número de espiguillas por espiga (Localidad 1).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	22.254	7.418	29.639	0.001
Factor A	2	1.374	0.687	2.745	0.142
Error A	6	1.502	0.250		
Factor B	2	0.474	0.237	0.458	0.640
A x B	4	1.133	0.283	0.548	0.703
Error B	18	9.307	0.517		
Total	35	36.043			

A	Media
1	16.000
2	15.533
3	15.675

B	Media
1	15.833
2	15.800
3	15.575

AxB	Media
1 1	15.975
1 2	15.850
1 3	16.175
2 1	15.700
2 2	15.625
2 3	15.275
3 1	15.825
3 2	15.925
3 3	15.275

Cuadro 15A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Número de espiguillas por espiga (Localidad 2).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	5.609	1.870	2.263	0.181
Factor A	2	14.482	7.241	8.763	0.017
Error A	6	4.958	0.826		
Factor B	2	2.196	1.098	0.947	0.407
A x B	4	7.278	1.819	1.569	0.225
Error B	18	20.873	1.160		
Total	35	55.396			

A	Media	0.05
1	16.417	a
2	16.300	a
3	15.017	b
Tuk	1.139	

B	Media
1	16.233
2	15.867
3	15.633

AxB	Media
1 1	16.600
1 2	17.200
1 3	15.450
2 1	16.800
2 2	15.850
2 3	16.250
3 1	15.300
3 2	14.550
3 3	15.200

Cuadro 16A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Número de granos por espiga (Localidad 1).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	254.786	84.929	2.962	0.119
Factor A	2	89.829	44.914	1.567	0.284
Error A	6	172.011	28.669		
Factor B	2	71.242	35.621	3.657	0.046
A x B	4	107.111	26.778	2.749	0.060
Error B	18	175.353	9.742		
Total	35	870.332			

A	Media
1	34.983
2	36.100
3	32.333

B	Media	0.05
1	35.767	a
3	35.133	a
2	32.517	a
Tuk	3.253	

AxB	Media
1 1	35.200
1 2	32.150
1 3	37.600
2 1	35.550
2 2	35.250
2 3	37.500
3 1	36.550
3 2	30.150
3 3	30.300

Cuadro 17A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Número de granos por espiga (Localidad 2).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	81.986	27.329	1.113	0.415
Factor A	2	638.729	319.364	13.011	0.007
Error A	6	147.271	24.545		
Factor B	2	68.842	34.421	1.909	0.177
A x B	4	46.564	11.641	0.646	0.637
Error B	18	324.513	18.029		
Total	35	1307.906			

A	Media	0.05
2	38.883	a
1	35.950	a
3	28.850	b
Tuk	6.207	

B	Media
1	36.517
2	33.567
3	33.600

AxB	Media
1 1	36.600
1 2	35.300
1 3	35.950
2 1	40.700
2 2	39.300
2 3	36.650
3 1	32.250
3 2	26.100
3 3	28.200

Cuadro 18A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Peso de mil granos (Localidad 1).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	0.000	0.000	1.752	0.256
Factor A	2	0.000	0.000	4.257	0.071
Error A	6	0.000	0.000		
Factor B	2	0.000	0.000	1.017	0.382
A x B	4	0.000	0.000	2.446	0.084
Error B	18	0.000	0.000		
Total	35	0.001			

A	Media
1	0.042
2	0.041
3	0.038

B	Media
1	0.040
2	0.039
3	0.041

AxB	Media
1 1	0.040
1 2	0.043
1 3	0.043
2 1	0.041
2 2	0.042
2 3	0.041
3 1	0.040
3 2	0.033
3 3	0.041

Cuadro 19A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Peso de mil granos (Localidad 2).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	0.000	0.000	1.657	0.274
Factor A	2	0.000	0.000	0.416	0.677
Error A	6	0.000	0.000		
Factor B	2	0.000	0.000	1.229	0.316
A x B	4	0.000	0.000	0.539	0.709
Error B	18	0.000	0.000		
Total	35	0.000			

A	Media
1	0.033
2	0.033
3	0.032

B	Media
1	0.032
2	0.032
3	0.033

AxB	Media
1 1	0.032
1 2	0.032
1 3	0.034
2 1	0.033
2 2	0.033
2 3	0.033
3 1	0.032
3 2	0.032
3 3	0.033

Cuadro 20A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Rendimiento de forraje seco por hectárea (Localidad 1).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	7744888.9	2581629.6	0.855	0.513
Factor A	2	8751672.2	4375836.1	1.449	0.307
Error A	6	18123728	3020621.3		
Factor B	2	12997872	6498936.1	2.902	0.081
A x B	4	403977.78	100994.44	0.045	0.996
Error B	18	40317083	2239838.0		
Total	35	88339222			

A	Media
1	9408.333
2	8895.833
3	10099.167

B	Media
1	9645.833
2	10098.333
3	8659.167

AxB	Media
1 1	9757.500
1 2	9935.000
1 3	8532.500
2 1	9030.000
2 2	9472.500
2 3	8185.000
3 1	10150.000
3 2	10887.500
3 3	9260.000

Cuadro 21A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Rendimiento de forraje seco por hectárea (Localidad 2).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	10132542	3377513.9	5.725	0.034
Factor A	2	1983016.7	991508.33	1.681	0.263
Error A	6	3539716.7	589952.78		
Factor B	2	933516.67	466758.33	0.496	0.617
A x B	4	847716.67	211929.17	0.225	0.921
Error B	18	16949367	941631.48		
Total	35	34385875			

A	Media
1	6641.667
2	6850.833
3	7210.000

B	Media
1	6813.333
2	6762.500
3	7126.667

AxB	Media
1 1	6777.500
1 2	6562.500
1 3	6585.000
2 1	6602.500
2 2	6742.500
2 3	7207.500
3 1	7060.000
3 2	6982.500
3 3	7587.500

Cuadro 22A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Rendimiento de grano por hectárea (Localidad 1).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	745608.33	248536.11	0.662	0.605
Factor A	2	2284438.9	1142219.4	3.044	0.122
Error A	6	2251450.0	375241.67		
Factor B	2	2329905.6	1164952.8	7.130	0.005
A x B	4	1190411.1	297602.78	1.822	0.169
Error B	18	2940816.7	163378.70		
Total	35	11742631			

A	Media
1	3691.667
2	3547.500
3	3100.000

B	Media	0.05
2	3631.667	a
1	3620.833	a
3	3086.667	b
Tuk	421.225	

AxB	Media
1 1	3805.000
1 2	3885.000
1 3	3385.000
2 1	3577.500
2 2	4037.500
2 3	3027.500
3 1	3480.000
3 2	2972.500
3 3	2847.500

Cuadro 23A. Análisis de varianza y comparación de medias: Variable Rendimiento de grano por hectárea (Localidad 2).

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	2729586.1	909862.04	8.572	0.014
Factor A	2	254238.89	127119.44	1.198	0.365
Error A	6	636872.22	106145.37		
Factor B	2	140505.56	70252.778	0.508	0.610
A x B	4	150611.11	37652.778	0.272	0.892
Error B	18	2489616.7	138312.04		
Total	35	6401430.6			

A	Media
1	2285.000
2	2390.000
3	2490.833

B	Media
1	2453.333
2	2304.167
3	2408.333

AxB	Media
1 1	2447.500
1 2	2117.500
1 3	2290.000
2 1	2432.500
2 2	2385.000
2 3	2352.500
3 1	2480.000
3 2	2410.000
3 3	2582.500